

**ТЕХНИЧКА ПРЕПОРУКА бр.106**

**ОСНОВНИ ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ ЗА  
ПРОЈЕКТОВАЊЕ И ГРАДЊУ НАДЗЕМНИХ  
ВОДОВА 10 kV, 20 kV и 35 kV**

**I ИЗДАЊЕ**

ИЗДАВАЧ:	ЈП ЕПС - ДИРЕКЦИЈА ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ СРБИЈЕ БЕОГРАД, Војводе Степе 412
Техничко уређење:	Т. Бојковић, Ђ. Глишић и Б. Симић
Коректура:	Т. Бојковић, Ђ. Глишић и Б. Симић
Рачунарска обрада цртежа:	Владимир Крстић, Петар Радојковић и Бошко Милосављевић
Штампа:	"МСТ Гајић" Београд
Тираж:	300 примерака

На основу предлога Радне групе, Технички савет ЕПС-а - Дирекција за дистрибуцију електричне енергије је на 172.-ом састанку који је одржан 2.10.2003. године у Студеници донео одлуку: **усваја се**

**ТЕХНИЧКА ПРЕПОРУКА бр.106:**

**ОСНОВНИ ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ И ГРАДЊУ  
НАДЗЕМНИХ ВОДОВА 10 kV, 20 kV и 35 kV**

**I издање**

Предложена решења су у складу са важећим прописима и стандардима и задовољавају захтеве сигурности, функционалности и економичности.

**Чланови Техничког савета:**

- 1 др Миладин Танасковић, Председник Техничког савета, "Електродистрибуција" Београд
- 2 Десимир Богићевић, "Електросрбија" Краљево
- 3 мр Драган Балкоски, ЕПС Београд
- 4 мр Слободан Максимовић, "Електродистрибуција" Београд
- 5 мр Александар Јањић, "Електродистрибуција" Лесковац
- 6 Милован Аћимовић, "Електродистрибуција" Ужице
- 7 Жарко Мићин, "Електрооводина" Нови Сад
- 8 Миодраг Ристић, "Електроморава" Пожаревац
- 9 Малиша Божић, "Електродистрибуција" Ниш
- 10 Драгољуб Николић, "Електротимок" Зајечар
- 11 Мика Ковачевић, "Електрошумадија" Крагујевац
- 12 Владица Алексић, "Електродистрибуција" Врање
- 13 Миодраг Анђелковић, "Електрокосмет" Приштина
- 14 Бранко Јакшић, "Електросрбија" Шабац
- 15 Душан Мутић, "Електрооводина" Нови Сад
- 16 Федора Лончаревић, ЕПС-Дирекција за дистрибуцију Београд
- 17 Слободан Кујовић, ЕПС-Дирекција за дистрибуцију Београд.

**Чланови Радне групе:**

- 1 Ђорђе Глишић, "Електродистрибуција" Београд
- 2 Бранислав Симић, "Електродистрибуција" Београд
- 3 Драгољуб Николић, "Електротимок" Зајечар
- 4 Душан Мајсторовић, "Електросрбија", Краљево
- 5 Драган Којић, "Електрооводина" Нови Сад
- 6 Бранислав Стевановић, "Електросрбија" Јагодина
- 7 Братислав Алагић, "Електродистрибуција" Ниш
- 8 Владислав Мирчић, "Електротимок" Зајечар
- 9 Сениша Митић, "Електродистрибуција" Ниш
- 10 Крсто Жижич, ЕПС-Дирекција за дистрибуцију Београд
- 11 Томислав Бојковић, ЕПС-пензионер сарадник.

**Студеница, октобар 2003.**

## 1 ОПСЕГ ВАЖЕЊА И НАМЕНА

1.1 Ова препорука се односи на основне захтеве за изградњу (пројектовање и градња) **надземног електроенергетског вода** који ради у дистрибутивној средњенапонској (СН) мрежи **10 kV, 20 kV или 35 kV** Србије, на теренима са надморском висином до 2000 m.

**Ова препорука се примењује при изградњи нових, или реконструкцији постојећих надземних водова.**

Технички захтеви за избор стабала и темеља бетонских стубова дати су у ТП-10а.

Технички захтеви за избор и учвршћење изолатора за прихватање голих алучеличних проводника дати су у ТП-2а1.

Технички захтеви за избор и израду везова за учвршћење голих алучеличних проводника на главу потпорних изолатора дати су у ТП-2а3.

Технички захтеви за извођење НН СКС-а и СН СКС-а дати су у ТП-8, а у овој препоруци у деловима који третирају вишесистемске водове.

Технички захтеви за извођење уземљења и уземљивача стубова електроенергетских водова дати су у ТП-9.

1.2 Ова препорука је усаглашена са важећим техничким прописима, признатим светским стандардима и техничким препорукама ЕД Србије, уз уважавање развоја и примене савремених техничких решења и на основу вишегодишњег искуства и сазнања стечених у пројектовању, градњи и експлоатацији надземних водова.

1.3 Као **типско решење**, у смислу ове препоруке, сматра се **изградња надземног вода следећих карактеристика:**

- **вод је изграђен на стубовима са бетонским стаблима прстеног попречног пресека и са бетонским конзолама (ТП-10а);**
- **једносистемски СН вод** је са једним системом голих алучеличних проводника пресека 50/8, 70/12 или 95/15;
- **двосистемски вод** је:
  - са једним водом 10 kV или 20 kV са голим алучеличним проводницима пресека 50/8, 70/12 или 95/15 и са једним водом НН СКС-а или СН СКС-а;
  - са два вода 35 kV са голим алучеличним проводницима пресека 70/12 или/и 95/15;
- **тросистемски вод** је са једним водом 10 kV или 20 kV са голим алучеличним проводницима пресека 50/8, 70/12 или 95/15 и:
  - са два вода НН СКС-а, или
  - са једним водом НН СКС-а и са једним водом СН СКС-а.

У даљем тексту се као "**вишесистемски вод**" (користи се и термин: "**мешовит вод**") подразумева комбинација једног вода 10 kV или 20 kV са алучеличним проводницима и једног или два вода са СКС-ом, уколико се посебно не нагласи да је реч о двосистемском воду 35 kV са алучеличним проводницима. **Стубови мешовитог вода служе за прихватање и кућних прикључака.**

Овом препоруком нису обухваћени следећи случајеви:

- вод који треба да ради у условима врло великог загађења;
- СН или НН вод који је изведен искључиво са СКС-има (ТП-8);
- СН вод који је изведен са слабоизолованим проводницима;
- вишесистемски вод који, поред вода 35 kV, има и водове нижег напона;
- делови вода који су изграђени на челичним или дрвеним стубовима, као и на бетонским стубовима са стаблима која нису прстенастог попречног пресека;
- делови вода са заштитним проводником (земљоводно уже);
- распони дужине преко 300 m;
- коси распони са углом нагиба распона преко 30°;
- изузетно тешки атмосферски услови, као: једновремено дејство ветра и додатног оптерећења од наслага леда (обледа).

1.4 Ова препорука има циљ да:

- утврди основне погонске и амбијентне услове у којима ради вод;
- дефинише основне захтеве за изградњу (пројектовање и градња) надземног вода;
- утврди основне елементе за механички прорачун надземног вода;
- изврши оптимизацију параметара и типизацију облика главе стуба надземног вода;
- утврди основне захтеве за монтажу надземног вода;
- утврди основне захтеве за приближавање, прелазак и укрштање надземног вода са другим објектима;
- утврди дозвољено струјно оптерећење надземног вода;
- препоручи основне уређаје и алате за монтажу надземног вода;
- препоручи рад и мере заштите при раду на надземном воду.

## 2 ТЕРМИНИ И ДЕФИНИЦИЈЕ

У овој препоруци се користе термини и дефиниције дате у ПТН ВН, у JUS IEC 50 (466), као и у ТП-10а.

2.1 **Надземни електроенергетски вод** (у даљем тексту: **надземни вод**): скуп свих делова за вођење проводника који преносе електричну енергију и обухвата: стабла стубова, темеље, конзоле, изолаторе, проводнике, земљоводе и уземљиваче.

2.2 **Алучелично уже (Al/с уже)**: уже са једним или више слојева алуминијумских жица поужених око језгра од поцинкованих челичних жица.

2.3 **Максимално радно напрезање ( $\sigma_m$ )**: одабрана рачунска (претпостављена) вредност коју хоризонтална компонента напона на затезање постиже при температури од -5°C при нормалном додатном оптерећењу, или на температури од -20°C без додатног оптерећења.

2.4 **Нормално дозвољено напрезање ( $\sigma_{doz}$ )**: вредност коју хоризонтална компонента напона на затезање не сме да прекорачи.

- 2.5 **Укупни (стварни) пресек ужета ( $S_u$ ):** збир геометријских пресека алуминијумских и/или челичних жица у проводнику (ужету).
- 2.6 **Сила затезања:** производ максималног радног напрезања и укупног пресека алучеличног проводника, носећег неутралног проводника НН СКС-а или носећег ужета СН СКС-а.
- 2.7 **Додатно оптерећење (облед):** вертикално оптерећење алучеличног проводника или СКС-а од наслага леда, снега или иња.
- 2.8 **Угиб (максимални угиб):** вертикални размак (максимални размак) у распону вода од алучеличног проводника или СКС-а до праве која спаја његове тачке прихватања.
- 2.9 **Крива проводника (ланчаница):** усвојени облик криве коју у распону описује алучелични проводник или СКС, са прихватањем на крајевима.
- 2.10 **Распон:** хоризонтални размак између два суседна стуба.
- 2.11 **Коси распон:** размак између тачака прихватања проводника два суседна стуба, које нису у хоризонталној равни.
- 2.12 **Идеалан распон:** замишљени распон у затезном пољу у коме су промене напрезања проводника које настају од оптерећења или промене температуре приближно исте као у стварним распонима затезног поља.
- 2.13 **Гравитациони распон:** удаљеност од најниже тачке (темена) ланчанице с једне стране стуба до најниже тачке (темена) ланчанице с друге стране стуба.
- 2.14 **Сигурносни размак:** најмањи дозвољени размак између два суседна проводника, или између делова под напоном и уземљених делова вода.
- 2.15 **Сигурносна висина ( $h_{sv}$ ):** најмања дозвољена вертикална удаљеност делова вода под напоном од тла или неког објекта при температури од  $+40^{\circ}\text{C}$ , односно при температури од  $-5^{\circ}\text{C}$  са нормалним додатним оптерећењем, без ветра.
- 2.16 **Сигурносна удаљеност ( $D_{su}$ ):** најмања дозвољена удаљеност делова вода под напоном од тла или неког објекта у било ком правцу, при температури од  $+40^{\circ}\text{C}$  и оптерећењу ветром од нуле до пуног износа.
- 2.17 **Једносистемски (вишесистемски) вод:** вод или део вода који на истом стубу има један вод (више водова истог или различитог напона).
- 2.18 **Назначене карактеристике:** нумеричке вредности величина (напон, струја, пресек итд.) које дефинишу рад елемената (компоненти) вода у условима који су утврђени у стандардима и служе за испитивање и гаранцију произвођача.
- 2.19 **Носећи стуб:** стуб који служи за носеће прихватање проводника, код кога су силе затезања у оба распона једнаке.

- 2.20 **Затезни стуб:** стуб који служи за затезно прихватање проводника, код кога се силе затезања директно преносе на стуб.
- 2.21 **Ситуација трасе надземног вода:** хоризонтална пројекција трасе надземног вода.
- 2.22 **Уздужни профил трасе надземног вода:** конфигурација (контура) терена у вертикалној равни у оси надземног вода.
- 2.23 **Попречни профил трасе надземног вода:** конфигурација (контура) терена у вертикалној равни нормалној на осу надземног вода.
- 2.24 **Еолске вибрације:** вибрације проводника, мале амплитуде и релативно високих фреквенција, проузроковане деловањем ветра.

### 3 ОПШТИ ЗАХТЕВИ

- 3.1 Код пројектовања и градње надземних СН водова треба се придржавати ове препоруке и југословенских техничких норматива и признатих светских стандарда, као и других прописа који се односе на ову област, а посебно:
- Правилника о техничким нормативима за изградњу надземних водова називног напона 1 kV до 400 kV, Сл. лист СФРЈ број 65/88, са изменама и допунама објављеним у Сл. листу СРЈ број 18/92 (у даљем тексту ПТН ВН);
  - Правилника о техничким нормативима за изградњу нисконапонских надземних водова, Сл. лист СФРЈ број 6/92 (у даљем тексту ПТН НН);
  - Правилника о техничким нормативима за изградњу средњенапонских надземних водова самонесећим кабловским снопом, Сл. лист СРЈ број 20/92 (у даљем тексту ПТН СНСКС)
  - Правилника о техничким нормативима за заштиту објеката од атмосферских пражњења, Сл. лист СРЈ број 11/96;
  - Закона о путевима, Сл. Гласник Р Србије број 46/91;
  - ЈУС IEC 60826: Оптерећење и чврстоћа далековода;
  - Закона о заштити на раду (Сл. гласник РС, број 42/98);
  - Техничких препорука ЕПС - Дирекције за дистрибуцију.

#### 4 ПОГОНСКИ И АМБИЈЕНТНИ УСЛОВИ

4.1 Надземни вод дистрибутивне мреже ради у окружењу у коме се предвиђа уобичајена (нормална) изложеност спољашњим утицајима.

4.2 **Стандардни (нормални) услови:**

Стандардни услови према којима се дефинише назначена вредност дозвољене струје надземног вода су:

а) **СН вод изведен алучеличним проводницима:**

- температура ваздуха:  $\theta_v = + 40^{\circ}\text{C}$ ;
- температура проводника, преко које долази до губитка механичких карактеристика:  $\theta_p = + 80^{\circ}\text{C}$ ;
- брзина ветра:  $v = 0 \text{ m/s}$ ;
- надземни вод је изложен директном сунчевом зрачењу.

б) **део вишесистемског (мешовитог) вода изведеног СКС-ом:**

- највиша температура ваздуха:  $\theta_v = + 30^{\circ}\text{C}$ ;
- температура проводника:  $\theta_p = + 90^{\circ}\text{C}$ ;
- брзина ветра:  $v = 0 \text{ m/s}$ ;
- надземни вод је изложен директном сунчевом зрачењу.

4.3 **Амбијентни услови:**

**Максимално годишње оптерећење** (вршно оптерећење) дистрибутивног конзума Србије се остварује у зимском периоду (тачка 7.5.4 у ТП-14а) и дефинише се за следеће амбијентне услове:

- средња вредност температуре ваздуха:  $\theta_v = 0^{\circ}\text{C}$ ;
- минимална брзина ветра:  $v = 0,6 \text{ m/s}$ ;
- надземни вод није изложен директном сунчевом зрачењу.

4.4 **Стандардни амбијентни услови за механичко димензионисање надземног вода:**

- минимална температура ваздуха:  $\theta_v = - 20^{\circ}\text{C}$ ;
- температура ваздуха меродавна за прорачун угиба и размака између проводника у средини распона:  $\theta_v = + 40^{\circ}\text{C}$ ;
- температура ваздуха при којој постоји додатно оптерећење (облед):  $\theta_v = - 5^{\circ}\text{C}$ ;
- средња годишња температура ваздуха меродавна за прорачун еолских вибрација алучеличних проводника:  $\theta_v = + 10^{\circ}\text{C}$ .

Код укрштања СН вода са надземним водовима називног напона 110 kV и већег, код којих се и у летњим месецима очекују велика струјна оптерећења, на захтев преносног предузећа рачуна се и максимални угиб у прелазном распону за температуру ваздуха:  $\theta_v = +60^{\circ}\text{C}$ .



## 5 ОСНОВНИ ЗАХТЕВИ ЗА ИЗГРАДЊУ НАДЗЕМНОГ ВОДА

5.1 **Изградња надземног вода започиње** тако да **пројектант**, на основу одлуке инвеститора и усвојеног пројектног задатка, прво **врши извиђање терена за избор најповољније трасе вода**. Уочавају се објекти којима би се приближавао или са којима би се укрштао будући надземни вод и тражи поуздано и економично решење. Води се посебно рачуна да се задовоље **основни урбанистички захтеви** ради што складнијег уклапања вода у околину.

**После начелног избора трасе вода** од стране пројектанта, а уз консултације са овлашћеним геологом, грађевинцем и урбанистом, **геометар врши снимање одабране трасе вода**. **Обавезно се ради ситуација трасе вода**, у размери која постоји у матичном катастру - пожељна размера: 1:1000 у граду и највише 1:2500 ван града.

**За водове 35 kV обавезно се раде уздужни профили и карактеристични попречни профили трасе вода.**

**За водове 10 kV и 20 kV** уздужни и попречни профили се раде само за делове трасе вода где је то неопходно, као: за нераван терен, за веће распоне (преко 100 m), код приближавања зградама или прелаза преко зграда, укрштања са значајним објектима (пут, река, железничка пруга, други енергетски или телекомуникациони вод итд.).

**Препоручује се да се ситуација трасе и профили трасе вода раде у дигиталном облику.**

**Сагласност на одабрану трасу вода** дају лица и овлашћене установе, као: железница, ПТТ, водопривреда, путна привреда, војска, аеродром, нафтна привреда, шумска привреда, преносни део електропривреде, метеоролошка установа, комуналне организације, завод за заштиту споменика културе, власници парцела итд.

5.2 **Основни технички захтеви за трасу вода:**

5.2.1 **Траса вода у насељеном месту** се одређује тако:

- да стубови буду у тротоару на удаљености 0,6 m од ивичњака коловоза, а ако је ширина тротоара до 1,5 m стубови треба да буду постављени по регулационој линији улице;
- да вод не иде преко дворишта и вртова, осим на местима где није могуће да се то избегне.

**Код вишесистемског (мешовитог) вода**, препоручује се да се **СН СКС монтира са стране коловоза, а НН СКС са супротне стране.**

5.2.2 **Траса вода на слободним површинама** се одређује тако да буде **што краћа**, са што мање скретања и са што мањим угловима нагиба распона. **Траса вода треба, по могућству, да прати пут, односно да је у путном појасу.**

5.3 **Избор микролокације стубног места** врши се тако:

- да је у путном појасу или на међи;
- да је могућ прилаз возилом и приступ монтера ради монтаже опреме и извођења радова;
- да не угрожава суседне објекте;

- да нема опасности од клизања и одроњавања терена, бујица и подземних вода.

5.4 **Свако стубно место у траси вода се обележава:**

- **таблицом за упозорење** на опасност од присуства високог напона, на 2,5 m изнад тла;
- **таблицом са рељефно утиснутим бројем** из јединственог система бројева електродистрибутивног предузећа - таблица се поставља испод таблице за упозорење, или се број наноси постојаном бојом директно на стабло стуба.

Може да се користи само једна таблица на којој се налази и број стубног места и упозорење на опасност од присуства високог напона.

5.5 **У зависности од начина прихватања проводника (носеће или затезно) и намене стуба у траси СН вода, користе се следеће врсте стубова и њихове уобичајене ознаке:**

а) **Носећи (N) стубови:**

- **линијски носећи (LN) стуб**, који се користи на праволинијском делу трасе вода;
- **угаоно носећи (UN) стуб**, који се користи на делу трасе где вод мења правац у хоризонталној равни за угао:  $\alpha \leq 20^\circ$ .

б) **Затезни (Z) стубови:**

- **линијски затезни (LZ) стуб**, који се користи на праволинијском делу трасе вода;
- **угаоно затезни (UZ) стуб**, који се користи на делу трасе где вод мења правац у хоризонталној равни;
- **крајњи (K) стуб**, на коме се прихватање врши само са једне стране;
- **одвојни (O) стуб**, на коме се са главног вода врши прихватање огранка вода.

**Вишесистемски (мешовит) вод 10 kV или 20 kV** може да служи за различите начине прихватања (носеће и/или затезно) и да има различиту намену сваког вода. На пример: **стуб СН вода са НН прикључком је затезни (одвојни)** у односу на НН прикључак и **носећи** у односу на главни (пролазни) СН вод, али **номинална сила стабла стуба мора да буде већа од резултантне вршне силе која потиче од свих водова на стубу** (тачка 6.3).

Да се избегне нерационална примена великих вредности номиналних сила стабала вишесистемског (мешовитог) вода 10 kV или 20 kV, **затезно и/или угаоно прихватање проводника различитих водова не треба да се врши на истом стубу, већ каскадно (парцијално) дуж вода.**

5.6 **Дужина распона** зависи од конфигурације терена, микролокације стубних места, карактеристика стабала стубова (дужина и номинална сила), максималних угиба, сигурносних висина, сигурносних размака итд.

**Препоручују се следеће дужине распона:**

- **једносистемски вод 10 kV или 20 kV:**
  - 60 m до 80 m **кроз насељено место;**

- 80 m до 120 m на слободним површинама;
- **вишесистемски (мешовит) вод 10 kV или 20 kV:** 25 m до 40 m;
- **једносистемски вод 35 kV:**
  - 80 m до 120 m кроз насељено место;
  - 100 m до 200 m на слободним површинама;
- **двосистемски вод 35 kV:** 80 m до 150 m.

Дужине распона код стубова са носећим прихватањем у једном затезном пољу треба да буду што је могуће више уједначене, тако да се међусобно не разликују за више од 20% код суседних распона, односно највише 30% између највеће и најмање дужине распона. Тиме се повећава сигурност вода и гарантују сигурносне висине (види примере б.а и б.ђ у Прилогу).

Препоручује се да најмање дужине распона у затезном пољу буду код стубова са затезним прихватањем.

У оквиру ове препоруке извршена је типизација основних параметара надземног вода са алучеличним проводницима пресека 50/8, 70/12 и 95/15 (дужине и номиналне силе стабла, распоред проводника у глави стуба - типизација конзола итд.) са распонима до 120 m (150 m) за водове 10 kV или 20 kV и 150 m (200 m) за водове 35 kV. Преко ових дужина сваки случај мора посебно да се анализира и одабере најбоље решење.

Распони дужине преко 200 m, са стубовима који су обухваћени типизацијом у ТП-10а, могу да се изузетно користе на теренима где није одлучујући критеријум с обзиром на сигурносне висине, као што су: прелаз преко увала и сличних терена где крива проводника "прати" конфигурацију терена и сл.

Распони дужине преко 300 m нису предмет разматрања ове препоруке.

5.7 **Дужина затезног поља** бира се у зависности од конфигурације терена и других конкретних услова на траси вода, водећи рачуна о могућности опреме за монтажу и развлачење проводника. **Дужина затезног поља не сме да буде већа** од следећих вредности:

- **једносистемски СН вод и двосистемски 35 kV вод:** 2 km;
- **вишесистемски (мешовит) вод:**
  - 2 km за СН вод са алучеличним проводницима;
  - 0,4 km за СКС.

За просечне услове, препоручује се да број распона у затезном пољу износи:

- **једносистемски СН вод и двосистемски 35 kV вод:** 10 до 15 распона;
- **вишесистемски (мешовит) вод:**
  - 10 до 15 распона за СН вод са алучеличним проводницима;
  - 7 до 10 распона за СКС.

5.8 **Прорачун и подешавање (уравнање) угиба по распонима у затезном пољу врши се на два начина:**

- **појединачно по распонима**, и уобичајено се користи ако се за носеће прихватање проводника користе потпорни ("LSP") изолатори;
- **помоћу идеалног распона**, према ЈУС IEC 50(466), и уобичајено се користи ако се у затезном пољу користе изолаторски ланци.

**Подешавање (уравнање) угиба појединачно по распонима у затезном пољу** врши се тако да се проводник затеже све док се у сваком распону појединачно не постигне вредност прорачунатог угиба за тај распон. У распонима различитих дужина **напрезања проводника на температури  $t$  имају различите вредности**, али и при најнеповољнијем случају **не сме да буде прекорачено** унапред усвојено (претпостављено) максимално радно напрезање проводника  $\sigma_{mp}$ .

**Подешавање (уравнање) угиба према идеалном распону у затезном пољу** врши се тако да се у моменту монтаже (затезања) проводника имају **иста хоризонтална напрезања проводника** у свим распонима затезног поља. То се постиже тако што се прорачуна **дужина идеалног распона  $a_{id}$** , затим се према тој дужини и температури  $t$  прорачуна напрезање  $\sigma_{ti}$  у идеалном распону, и на крају према том напрезању прорачунају угиби  $f_i$  за сваку конкретну дужину распона у затезном пољу.

**Дужина идеалног распона  $a_{id}$**  за хоризонталне и косе распоне рачуна помоћу следећих израза:

$$a_{id} = \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum a_i}} ; \quad a_{idk} = \frac{\sum \frac{c_i^3}{a_i^2}}{\sum \frac{c_i^2}{a_i}} \cdot \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum \frac{c_i^2}{a_i}}}$$

где је:

- $a_{id}$  - дужина идеалног распона за приближно раван терен, у [m];
- $a_{idk}$  - дужина идеалног распона за косе распоне, у [m];
- $a_i$  - дужина  $i$ -тог хоризонталног распона у затезном пољу, у [m];
- $c_i$  - дужина  $i$ -тог косог распона у затезном пољу, у [m].

Детаљније о прорачуну и подешавању угиба у затезном пољу види примере 5.а и 6.а у Прилогу.

#### 5.9 Распоред алучеличних проводника у глави стуба може да буде:

- хоризонтални распоред**, тако да су сви проводници у приближно хоризонталној равни (сл.5.9.а);
- распоред у троуглу**, тако да су проводници постављени у теменима:
  - **равнокраког троугла: делта ( $\Delta$ ) распоред** за једносистемски вод (сл.5.9.6.1) и "буре" распоред за двосистемски вод 35 kV (сл.5.9.6.4);
  - **разнокраког троугла: полувертикални распоред** за једносистемски вод (сл.5.9.6.2 и сл.5.9.6.3) и **двоструки троугао ( $2x\Delta$ ) распоред** за двосистемски вод 35 kV (сл.5.9.6.5).

**За једносистемски вод 10 kV, 20 kV и 35 kV препоручује се коришћење распореда проводника у хоризонталној равни (сл.5.9.а) или делта ( $\Delta$ ) распоред (сл.5.9.б.1), са потпорним ("LSP") изолаторима.** Код делта распореда дозвољено је да се потпорни изолатори монтирају вертикално или хоризонтално.

**За једносистемски вод 35 kV са изолаторским ланцима користи се полувертикални распоред у троуглу, сл.5.9.б.2 и сл.5.9.б.3.**

**За двосистемски вод 35 kV користи се "буре" распоред са изолаторским ланцима или потпорним ("LSP") изолаторима (сл.5.9.б.4), или распоред у виду двоструког троугла ( $2 \times \Delta$ ), али искључиво са потпорним ("LSP") изолаторима (сл.5.9.б.5).**

**За вишесистемски (мешовит) вод 10 kV или 20 kV се по правилу користи хоризонтални распоред алучеличних проводника СН вода, са прихватањем СКС-а према тачки и слици 7.11.**

- 5.10 **Препоручује се да се у истом затезном пољу за носеће прихватање алучеличних проводника користе:**
- стабла истих карактеристика: **номинална дужина стабла / номинална сила стабла ( $L_n / F_n$ );**
  - исти распоред проводника у глави стуба;
  - исти типови конзола истих димензија;
  - исти типови изолатора.
- 5.11 **Заштитни проводник (земљоводно уже) се не користи на водовима 10 kV и 20 kV.**

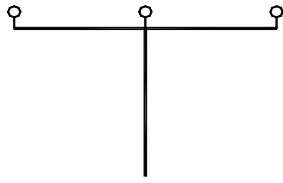
**Примена заштитног проводника на воду 35 kV технички је некорисна и економски неоправдана, из следећих разлога:**

- директан удар грома у стуб у практично свим реалним условима, укључујући и случај вода 35 kV са заштитним проводником, доводи до повратног прескока и/или пробоја изолације вода, али не угрожава енергетски трансформатор и друге елементе постројења на које је прикључен вод 35 kV, што је **потврђено у бројним експертизама овлашћених независних институција;**
- код савремених постројења се уобичајено изводи кабловски прикључак вода 35 kV на расклопно постројење.

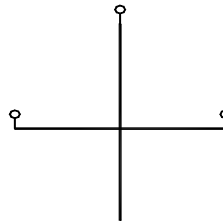
**Зато се у овој препоруци не третирају случајеви СН водова са земљоводним ужетом.**

**Код реконструкције СН вода са заштитним проводником, сваки случај мора посебно да се анализира и решава са становишта техноекономске оправданости демонтаже или задржавања заштитног проводника.**

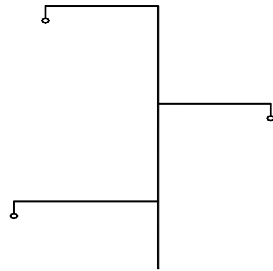
**Сл.5.9: Распоред алучеличних проводника у глави стуба**



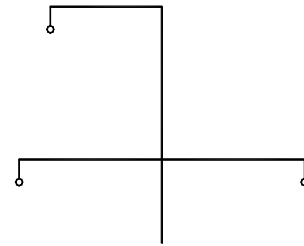
**Сл.5.9.а: хоризонтални распоред**



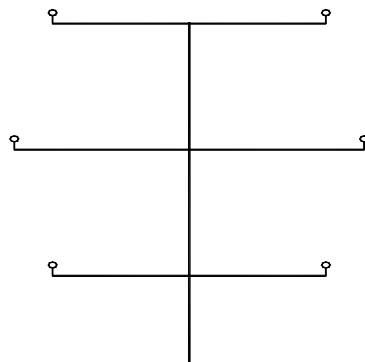
**Сл.5.9.61: делта (Δ) распоред**



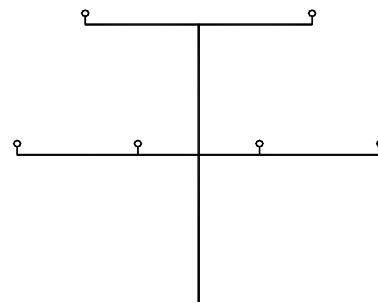
**Сл.5.9.62: полувертикални распоред**



**Сл.5.9.63: полувертикални распоред**



**Сл.5.9.64: "буре" распоред**



**Сл.5.9.65: двоструки троугао (2xΔ) распоред**

## 6 ЕЛЕМЕНТИ ЗА МЕХАНИЧКИ ПРОРАЧУН НАДЗЕМНОГ ВОДА

### 6.1 Оптерећења на стуб и друге елементе (компоненте) надземног вода рачунају се према ПТН ВН.

За надземне водове називног напона 10 kV, 20 kV и 35 kV рачунају се **нормални (очекивани) случајеви оптерећења**, који настају када су сви делови вода неоштећени.

**Оптерећења** могу да се поделе у три групе (JUS IEC 60826):

- **стална оптерећења**: од тежине проводника, СКС-а, стубова и опреме на стубу;
- **променљива оптерећења**: од ветра и од наслага леда;
- **специјална оптерећења** која могу да настану у току монтаже вода, као: тежина котураче, тежина монтера, трзаји вучног уређаја итд.

При одређивању нормалних оптерећења на стуб, **занемарује се оптерећење стуба на:**

- **торзију**;
- додатно оптерећење од наслага леда на стабло стуба, конзоле и изолаторе, као и на другу опрему која се монтира на стуб (кабловска глава, одводник пренапона, растављач);
- оптерећење од ветра на конзоле и изолаторе, као и на другу опрему која се монтира на стуб (кабловска глава, одводник пренапона, растављач).

### 6.2 Механичке силе које делују на елементе стуба:

**На елементе стуба:** бетонско стабло, темељ, конзоле и изолаторе, **делују:**

- **хоризонталне силе** које потичу од сила затезања проводника, као и од притиска ветра на стуб и проводнике;
- **вертикалне силе** које потичу од тежине: стуба, опреме на стубу, проводника и додатног оптерећења (обледа).

**Хоризонталне силе су битне** за димензионисање и избор номиналне силе стабла стуба (тачка 6.3), темеља, сигурносних размака (тачка 6.10), потпорних изолатора на угаоним стубовима, затезних изолаторских ланаца и бетонских конзола на затезним и/или угаоним стубовима.

**Вертикалне силе су битне** за димензионисање и избор бетонских конзола, носећих изолаторских ланаца, прорачуна угиба, сигурносних размака и негативних вертикалних сила.

### 6.3 Прорачун сила за избор карактеристика елемената стуба:

#### 6.3.1 Избор номиналне силе стабла стуба и одговарајућег темеља

У ПТН ВН су утврђени следећи **случајеви нормалних оптерећења** који треба да се провере **при прорачуну хоризонталних сила за избор номиналне силе стабла стуба и одговарајућег темеља:**

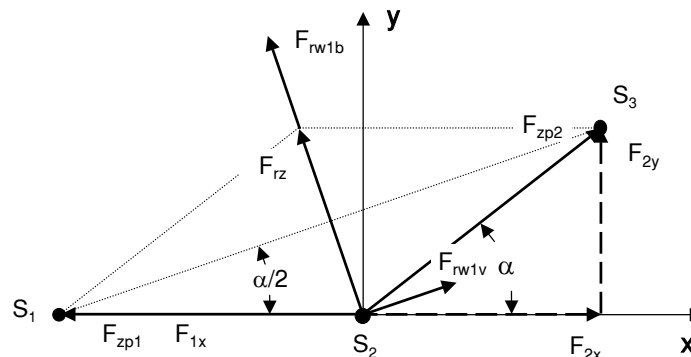
- Случај 1.а: резултанта пуне силе затезања свих проводника с обе стране стуба;
- Случај 1.б: резултанта од две трећине силе затезања свих проводника с обе стране стуба, плус притисак ветра на стуб и на све проводнике управно на вод, односно у правцу симетрале угла трасе вода;
- Случај 1.в: резултанта од две трећине силе затезања свих проводника с обе стране стуба, плус притисак ветра на стуб и на све проводнике у правцу вода, односно управно на симетралу угла трасе вода;
- Случај 2.а: две трећине силе затезања проводника с једне стране стуба.

**Избор номиналне силе врши се у односу на најтежи меродаван случај, при чему се различити случајеви не комбинују.**

**Затезни стубови се проверавају на сва четири случаја.** Прорачун се изводи као да су **стабла стубова потпуно крута.**

**Носећи стубови се проверавају на прва три случаја.** Прорачун се изводи као да су **стабла стубова еластична**, а појава хоризонталних диференцијалних сила, која се јавља при различитим дужинама суседних распона, компензује се закретањем изолаторских ланаца и/или савијањем врха стабла носећег стуба (види примере 6.2в и 6.ђ у Прилогу), тако да се рачуна да су **силе затезања у суседним распонима једнаке.**

**Анализа случајева оптерећења** дата је на примеру угаоног стуба (UZ или UN), сл.6.3.1, са углом скретања трасе  $\alpha = 0^\circ$  до  $\alpha = 90^\circ$ .



$$\sum F_{ix} = -F_{1x} + F_{2x} = -F_{zp1} + F_{zp2} \cdot \cos \alpha$$

$$\sum F_{iy} = F_{2y} = F_{zp2} \cdot \sin \alpha$$

$$F_{rz}^2 = (\sum F_{ix})^2 + (\sum F_{iy})^2 \Rightarrow$$

$$F_{rz}^2 = F_{zp1}^2 + F_{zp2}^2 - 2 \cdot F_{zp1} \cdot F_{zp2} \cdot \cos \alpha$$

$$\text{За } F_{zp1} = F_{zp2} \Rightarrow$$

$$F_{rz} = 2 \cdot F_{zp1} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

**Сл.6.3.1** Случајеви оптерећења код угаоног бетонског стуба



На слици су  $F_{zp1}$  и  $F_{zp2}$  резултате сила затезања проводника у суседним распонима,  $F_{rz}$  је резултанта силе затезања свих проводника,  $F_{rw1b}$  и  $F_{rw1v}$  су резултате сила од притиска ветра на стуб и проводнике са нападним углом који захтева случај 1.6, односно случај 1.в. Пошто је:  $(E_{rz} + E_{rw1b}) \geq (E_{rz} + E_{rw1v})$ , **за бетонске стубове прстенастог попречног пресека није потребна провера случаја оптерећења 1.в.**

Резултате сила  $E_{r1a}$ ,  $E_{r1b}$  и  $E_{r2a}$  према случајевима 1.а, 1.б и 2.а су:

$$E_{r1a} = E_{rz}; \quad E_{r1b} = \frac{2}{3} \cdot E_{rz} + E_{rw}; \quad E_{r2a} = \frac{2}{3} \cdot E_{z1}$$

За бетонске стубове прстенастог попречног пресека и параметре за прорачун који су усвојени у овој препоруци и у ТП-10а, **меродавни су случајеви нормалних оптерећења** (табела 6.3.1):

- **1.а и 2.б за затезне стубове;**
- **1.а и 1.б за носеће стубове.**

Табела 6.3.1: Случајеви нормалних (очекиваних) оптерећења који су меродавни за прорачун хоризонталних сила

Носећи стуб		Затезни стуб			
		$\sigma_1 = \sigma_2$		$\sigma_1 \neq \sigma_2$	
LN	UN	UZ	LZ, UZ	UZ	K
		$\alpha \geq 39^\circ$	$\alpha < 39^\circ$		
1.6	1.а и 1.б	1.а	2.б	1.а и 2.б	1.а

$\sigma_1$  и  $\sigma_2$  - затезања у суседним распонима;  
 $\alpha$  - угао скретања трасе вода;  
 LN - линијски носећи стуб; UN - угаоно носећи стуб;  
 LZ - линијски затезни стуб; UZ - угаоно затезни стуб; K - крајњи стуб.

**6.3.2 Прорачун сила за избор карактеристика изолатора:**

**Изолатор** треба по вредности и врсти најмањег преломног оптерећења (на савијање код потпорних изолатора или на истезање код изолаторских ланаца) да безбедно преузму очекивано оптерећење од прихватања проводника на месту уградње.

**Ако је избор изолатора извршен према ТП-2а1**, за услове који су предмет ове препоруке **није потребна провера механичких карактеристика изолатора.**

**6.3.3 Прорачун сила за избор карактеристика бетонских конзола:**

**Вертикална сила** која делује на конзолу потиче од тежине проводника и додатног оптерећења, а рачуна се помоћу израза који је дат у тачки 6.12, а **проверава се за све конзоле**, независно од намене.

**Код косих распона** могу да се јаве веома **велике вредности вертикалних сила**, а у појединим случајевима јављају се и **негативне вертикалне силе** (види Прилог).

**За конзоле на стубовима са затезним и/или угаоним прихватањем проводника врши се провера и на хоризонталну силу од затезања једног алучеличног проводника.**

#### 6.4 Прорачун сила затезања:

Код прорачуна сила затезања, препоручују се следеће типске вредности напрезања на затезања:

##### а) Алучелични проводници:

**Максимално радно напрезање проводника ( $\sigma_{mp}$ ) СН вода** на делу трасе вода **изван насељеног места** износи:

- $\sigma_{mp} = 9 \text{ daN/mm}^2$ ;
- $\sigma_{mp} = 7 \text{ daN/mm}^2$  за вишесистемски (мешовит) вод 10 kV или 20 kV, као и за СН вод на местима где се тражи смањено напрезање: прелаз преко аутопута, железничке пруге, пловне реке и канала.

**Максимално радно напрезање проводника ( $\sigma_{mp}$ ) СН вода** на делу трасе вода **кроз насељено место** износи:

- $\sigma_{mp} = 7 \text{ daN/mm}^2$ ;
- $\sigma_{mp} = 5 \text{ daN/mm}^2$  - изузетно за вишесистемски (мешовит) вод.

По потреби могу да се користе и друге вредности максималних радних напрезања, на пример: да се не прекорачи номинална сила стабла. Међутим, **максимално радно напрезање проводника ( $\sigma_{mp}$ ) ни у ком случају не сме да буде веће од нормалног дозвољеног напрезања ( $\sigma_{doz}$ )**, које за алучеличне проводнике износи:  $\sigma_{doz} = 13 \text{ daN/mm}^2$ . Изузетак су места на којима се тражи смањено напрезање, када максимално радно напрезање не сме да пређе вредности:

- $\sigma_{mp} \leq 0,75 \cdot \sigma_{doz} = 9,7 \text{ daN/mm}^2$  на прелазу преко аутопута, пловне реке и канала, трамваја и тролејбуса, пијаце и вашаришта;
- $\sigma_{mp} \leq 0,66 \cdot \sigma_{doz} = 8,6 \text{ daN/mm}^2$  на прелазу преко железничке пруге, под условом да при изузетном додатном оптерећењу  $N_{doi}$  равном троструком нормалном додатном оптерећењу  $N_{do}$  прорачунатом према тачки 6.7 не прекорачи вредност изузетног дозвољеног напрезања ( $\sigma_{mpi}$ ) алучеличног проводника:  $\sigma_{mpi} = 24,5 \text{ daN/mm}^2$ .
- **Максимално радно напрезање проводника не треба да буде веће од  $10,5 \text{ daN/mm}^2$** , да би се избегао штетан утицај еолских вибрација (тачка 6.5 и пример 6.6 у Прилогу).

##### б) Максимално радно напрезање носећег ужета СН СКС-а типа ХНЕ 48/О-А износи: $\sigma_{mssks} = 20 \text{ daN/mm}^2$ .

##### в) Максимално радно напрезање носећег неутралног проводника НН СКС-а типа Х00/О-А:

- $\sigma_{mnsks} = 10 \text{ daN/mm}^2$  ако пресек носећег неутралног проводника износи  $54,6 \text{ mm}^2$  ако се као материјал користи E-AlMgSi, или 50/8 ако се користи алучелични проводник (ТП-8);
- $\sigma_{mnsks} = 8 \text{ daN/mm}^2$  ако пресек носећег неутралног проводника износи  $71,5 \text{ mm}^2$ , или 61/10 ако се користи алучелични проводник ("стари типови" НН СКС-а).

##### г) Затезање НН СКС-а Х00-А за кућне прикључке врши се затезањем целог снопа и за типску вредност пресека снопа $4 \times 16 \text{ mm}^2$ **макси-мално радно напрезање кућног прикључка износи:**

- $\sigma_{mkp} = 1,25 \text{ daN/mm}^2$ .

Овај захтев се остварује ако се затезање врши тако да угиб у средини распона дужине до 25 m не буде мањи од 1 m и тада највећа сила затезања прикључка износи око 80 daN (тачка 8.4 у ТП-8).

## 6.5 Утицај ветра:

6.5.1 **Оптерећење од ветра (сила од притиска ветра)** је хоризонтално оптерећење које настаје од дејства ветра на алучеличне проводнике, СКС и стабло, без додатног оптерећења.

**Занемарује се дејство ветра** на конзоле и изолаторе, као и на другу опрему која се монтира на стуб, као: кабловска глава, одводник пренапона, растављач итд.

**Оптерећење од ветра  $F_w$**  се распоређује равномерно на два суседна стуба, а рачуна се према изразу (пример 2 у Прилогу ТП-10а):

$$F_w = F_{wp} + F_{wst} = \sum_1^{n_s} n_p \cdot p_v \cdot k_{wp} \cdot a_{sr} \cdot d_u \cdot 10^{-3} + p_v \cdot k_{wst} \cdot S_{wst}$$

где је:

$F_w$  - оптерећење (сила) од ветра на Al/ч проводнике, СКС и стабло, у [daN];

$F_{wp}$  - оптерећење (сила) од ветра на Al/ч проводнике и/или СКС, у [daN];

$F_{wst}$  - оптерећење (сила) од ветра на део стабла изнад тла, у [daN];

$n_s$  - број система (водова) на стубу;

$n_p$  - број проводника у систему (воду):  $n_p = 3$  за вод са алучеличним проводницима и  $n_p = 1$  за СКС;

$p_v$  - притисак ветра по јединици површине Al/ч проводника, СКС-а или стабла, у [daN /m<sup>2</sup>];

$k_{wp}$  - коефицијент дејства ветра на Al/ч проводнике или СКС:  $k_{wp} = 1$ ;

$k_{wst}$  - коефицијент дејства ветра на округло стабло:  $k_{wst} = 0,7$ ;

$a_{sr}$  - дужина полузбира суседних распона ("ветровни распон"), независно од тога да ли су распони хоризонтални и/или коси, и без редукције с обзиром на угао скретања трасе вода  $\alpha$ , у [m];

$S_{wst}$  - пројекција површине дела стабла изнад тла (трапез), у [m<sup>2</sup>];

$d_u$  - спољашњи пречник алучеличног проводника, а код СКС-а то је укупан спољашњи пречник целог снопа, у [mm].

**Притисак ветра  $p_v$**  се рачуна на основу податка хидрометеоролошке службе о највећој брзини ветра **који се** на траси вода **јавља са повратним периодом од пет година** (вероватноћа појаве 90% према ЈУС IEC 60826). Када тог податка нема, за прорачун силе од притиска ветра се **за просечне услове у Србији** усвајају следеће вредности притиска ветра  $p_v$ :

- $p_v = 50$  daN/m<sup>2</sup> за НН СКС, СН СКС и кућне прикључке;
- $p_v = 60$  daN/m<sup>2</sup> за СН водове са алучеличним проводницима;
- $p_v = 75$  daN/m<sup>2</sup> за СН водове са алучеличним проводницима у "кошавском" делу конзумног подручја.

### 6.5.2 Еолске вибрације:

Да би се избегао штетан утицај вибрација проводника због ветра (еолске вибрације), сила затезања проводника у распону при средњој годишњој температури ваздуха од  $+10^{\circ}\text{C}$  не треба да пређе вредност 20% рачунске силе кидања проводника, чије су вредности дате у табелама у тачки 6.6.а.

Нема опасности од еолских вибрација ако максимално радно напрезање проводника износи:  $\sigma_{\text{mp}} \leq 10,5 \text{ daN/mm}^2$  (пример 6.6 у Прилогу) и тада није потребна примена пригушивача вибрација.

- 6.6 За прорачун угиба и сила затезања користе се подаци о физичким својствима проводника, односно носећег челичног ужета (код СН СКС-а), у складу са важећим стандардима.

Код вишесистемског (мешовитог) вода 10 kV или 20 kV, за прорачун сила затезања за СКС меродавни су параметри који се односе на носећи неутрални проводник НН СКС-а, односно носеће челично уже СН СКС-а, док су за прорачун оптерећења од ветра и од додатног оптерећења меродавни подаци који се односе на читав сноп.

У табели 6.6.а дати су подаци о физичким својствима алуچеличних проводника пресека 50/8, 70/12 и 95/15, у складу са ЈУС N.C1.351/85;

У табели 6.6.б дати су подаци о физичким својствима НН СКС-а типа Х00/О-А пресека  $3 \times 70 + 54,6 + 2 \times 16 \text{ mm}^2$  са носећим неутралним проводником, у складу са ЈУС N.C1.401 и ЈУС N.C0.195 (ТП-8).

У табелама 6.6.в, 6.6.г и 6.6.д дати су подаци о физичким својствима СН СКС-а типа ХНЕ 48/О-А, са носећим челичним ужетом  $\check{c}$  50, у складу са ЈУС N.C5.231.

У табеле 6.6 унети су и подаци за нормална додатна оптерећења  $N_{\text{до}}$  прорачуната према тачки 6.7, као и подаци за специфичну масу са додатним оптерећењем  $\gamma_{\text{ду}}$ , за алуچеличне проводнике, НН СКС и СН СКС.

Табела 6.6.а: Физичка својства алучеличних проводника (Al/ч уже) и нормално додатно оптерећење (облед)

Назначени пресек Al/ч ужета, $S_{nu}$ [mm <sup>2</sup> ] ⇒	50/8	70/12	95/15	
Својство и карактеристике ↓				
Број x пречник [mm] жица од алуминијума	6 x 3,2	26x1,85	26x2,15	
Број x пречник [mm] жица од челика	1 x 3,2	7 x 1,44	7 x 1,67	
Укупни пресек Al/ч ужета, $S_u$ [mm <sup>2</sup> ]	56,3	81,3	109,7	
Спољашњи пречник Al/ч ужета, $d_u$ [mm]	9,6	11,7	13,6	
Подужна маса Al/ч ужета, $G_u$ [kg / m]	0,196	0,284	0,383	
Спец. маса Al/ч ужета, $\gamma_u = G_u/S_u$ [daN/m·mm <sup>2</sup> ]	0,00348	0,00349	0,00349	
Рачунска сила кидања Al/ч ужета $F_{ku}$ [daN]	1714	2631	3514	
Температурни коеф. лин. ширења, $\alpha_u$ [10 <sup>-6</sup> /°C]	19,2	18,9	18,9	
Модул еластичности, $E_u$ [daN/mm <sup>2</sup> ]	8100	7700	7700	
Нормално додатно оптерећење $N_{do} = k_{do} \cdot 0,18 \cdot \sqrt{d_u}$ , [daN/m]	$k_{do} = 1$	0,558	0,613	0,659
	<b><math>k_{do} = 1,6</math></b>	<b>0,893</b>	<b>0,981</b>	<b>1,050</b>
	$k_{do} = 2,5$	1,390	1,530	1,650
	$k_{do} = 4$	2,232	2,452	2,636
Спец. маса Al/ч ужета са додатним оптерећењем, $\gamma_{du}$ [daN/m·mm <sup>2</sup> ] $\gamma_{du} = \gamma_u + N_{do}/S_u$	$k_{do} = 1$	0,0133	0,0111	0,0095
	<b><math>k_{do} = 1,6</math></b>	<b>0,0193</b>	<b>0,0156</b>	<b>0,0132</b>
	$k_{do} = 2,5$	0,0282	0,0224	0,0096
	$k_{do} = 4$	0,0431	0,0338	0,0277

Табела 6.6.б: Физичка својства НН СКС-а типа Х00/О-А и нормално додатно оптерећење (облед)

Назначени пресек НН СКС-а, $S_{nSKS}$ [mm <sup>2</sup> ] ⇒	3x70 + 54,6 + 2x16	
Својство и карактеристике ↓		
Материјал за носећи неутрални проводник	E-AlMgSi	
Укупни пресек неутралног проводника, $S_{unnS}$ [mm <sup>2</sup> ]	54,6	
Спољашњи пречник неутралног проводника, $d_{unnS}$ [mm]	8,33	
Рачунска сила кидања неутралног проводника $F_{kn}$ [daN]	1755	
Температурни коеф. лин. ширења неут. пров., $\alpha_{nns}$ [10 <sup>-6</sup> /°C]	23	
Модул еластичности неут. проводника, $E_{nns}$ [daN/mm <sup>2</sup> ]	6000	
Укупан пречник (цео сноп), $d_{uSKS}$ [mm]	40	
Подужна маса СКС-а (цео сноп), $G_{uSKS}$ [kg / m]	1,145	
Спец. маса СКС-а, $\gamma_u = G_{uSKS}/S_{unnS}$ [daN/m·mm <sup>2</sup> ]	0,02097	
Нормално додатно оптерећење $N_{do} = k_{do} \cdot 0,18 \cdot \sqrt{d_{uSKS}}$ , [daN / m]	$k_{do} = 1$	<b>1,1384</b>
	<b><math>k_{do} = 1,6</math></b>	<b>1,8215</b>
	$k_{do} = 2,5$	2,846
	$k_{do} = 4$	4,554
Спец. маса СКС-а са додатним оптерећењем, $\gamma_{du}$ [daN/m·mm <sup>2</sup> ] $\gamma_{du} = \gamma_u + N_{do}/S_{unnS}$	$k_{do} = 1$	<b>0,04182</b>
	<b><math>k_{do} = 1,6</math></b>	<b>0,0543</b>
	$k_{do} = 2,5$	0,0731
	$k_{do} = 4$	0,1044

Табела 6.6.в: Физичка својства СН СКС-а типа ХНЕ 48/О-А, 10 kV и нормално додатно оптерећење (облед)

Назначени пресек СКС-а, $S_{nSKS}$ [mm <sup>2</sup> ] ⇒	3x(1x50)	3x(1x70)	3x(1x95)	
Својство и карактеристике ↓	+ 50	+ 50	+ 50	
Материјал и пресек за носеће уже	č 50	č 50	č 50	
Укупан пресек носећег ужета, $S_u$ [mm <sup>2</sup> ]	48,32	48,32	48,32	
Спољашњи пречник носећег ужета, $d_{usns}$ [mm]	9	9	9	
Рачунска сила кидања носећег ужета $F_{ku}$ [daN]	6013	6013	6013	
Темп. коеф. лин. шир. нос. ужета, $\alpha_u$ [10 <sup>-6</sup> /°C]	11	11	11	
Модул еласт. носећег ужета, $E_u$ [daN / mm <sup>2</sup> ]	17500	17500	17500	
Укупан пречник (цео сноп), $d_{uSKS}$ [mm]	58	62	66	
Подужна маса СКС-а (цео сноп), $G_{uSKS}$ [kg / m]	2,25	2,57	2,89	
Спец. маса СКС-а, $\gamma_u = G_{uSKS}/S_u$ [daN/m·mm <sup>2</sup> ]	0,0466	0,0532	0,0598	
Нормално додатно оптерећење $N_{do} = k_{do} \cdot 0,18 \cdot \sqrt{d_{uSKS}}$ , [daN/m]	$k_{do} = 1$	1,3708	1,4173	1,4623
	<b><math>k_{do} = 1,6</math></b>	<b>2,1933</b>	<b>2,2677</b>	<b>2,3397</b>
	$k_{do} = 2,5$	3,427	3,5433	3,6558
	$k_{do} = 4$	5,483	5,669	5,849
Спец. маса СКС-а са додатним оптерећењем, $\gamma_{du}$ [daN/m·mm <sup>2</sup> ] $\gamma_{du} = \gamma_u + N_{do}/S_u$	$k_{do} = 1$	0,0750	0,0759	0,0769
	<b><math>k_{do} = 1,6</math></b>	<b>0,0920</b>	<b>0,0935</b>	<b>0,0950</b>
	$k_{do} = 2,5$	0,1175	0,120	0,1223
	$k_{do} = 4$	0,160	0,171	0,181

Табела 6.6.г: Физичка својства СН СКС-а типа ХНЕ 48/О-А, 20 kV и нормално додатно оптерећење (облед)

Назначени пресек СКС-а, $S_{nSKS}$ [mm <sup>2</sup> ] ⇒	3x(1x50)	3x(1x70)	3x(1x95)	
Својство и карактеристике ↓	+ 50	+ 50	+ 50	
Материјал и пресек за носеће уже	č 50	č 50	č 50	
Укупан пресек носећег ужета, $S_u$ [mm <sup>2</sup> ]	48,32	48,32	48,32	
Спољашњи пречник носећег ужета, $d_{usns}$ [mm]	9	9	9	
Рачунска сила кидања носећег ужета $F_{ku}$ [daN]	6013	6013	6013	
Темп. коеф. лин. шир. нос. ужета, $\alpha_u$ [10 <sup>-6</sup> /°C]	11	11	11	
Модул еласт. носећег ужета, $E_u$ [daN/mm <sup>2</sup> ]	17500	17500	17500	
Укупан пречник (цео сноп), $d_{uSKS}$ [mm]	68	71	75	
Подужна маса СКС-а (цео сноп), $G_{uSKS}$ [kg / m]	2,81	3,12	3,48	
Спец. маса СКС-а, $\gamma_u = G_{uSKS}/S_u$ [daN/m·mm <sup>2</sup> ]	0,0581	0,0645	0,0720	
Нормално додатно оптерећење $N_{do} = k_{do} \cdot 0,18 \cdot \sqrt{d_{uSKS}}$ , [daN / m]	$k_{do} = 1$	1,4843	1,51671	1,55884
	<b><math>k_{do} = 1,6</math></b>	<b>2,3748</b>	<b>2,42673</b>	<b>2,49415</b>
	$k_{do} = 2,5$	3,7107	3,79177	3,89711
	$k_{do} = 4$	5,937	6,0668	6,235
Спец. маса СКС-а са додатним оптерећењем, $\gamma_{du}$ [daN/m·mm <sup>2</sup> ] $\gamma_{du} = \gamma_u + N_{do}/S_u$	$k_{do} = 1$	0,0888	0,09587	0,10426
	<b><math>k_{do} = 1,6</math></b>	<b>0,1094</b>	<b>0,11472</b>	<b>0,12362</b>
	$k_{do} = 2,5$	0,1349	0,14397	0,15259
	$k_{do} = 4$	0,181	0,19	0,201

Табела 6.6.д: Физичка својства СН СКС-а типа ХНЕ 48/О-А, 35 kV и нормално додатно оптерећење (облед)

Назначени пресек СКС-а, $S_{nSKS}$ [mm <sup>2</sup> ] ⇒	3x(1x50)	3x(1x70)	3x(1x95)	
Својство и карактеристике ↓	+ 50	+ 50	+ 50	
Материјал и пресек за носеће уже	č 50	č 50	č 50	
Укупан пресек носећег ужета, $S_u$ [mm <sup>2</sup> ]	48,32	48,32	48,32	
Спољашњи пречник носећег ужета, $d_{usns}$ [mm]	9	9	9	
Рачунска сила кидања носећег ужета $F_{ku}$ [daN]	6013	6013	6013	
Темп. коеф. лин. шир. нос. ужета, $\alpha_u$ [10 <sup>-6</sup> /°C]	11	11	11	
Модул еласт. носећег ужета, $E_u$ [daN/mm <sup>2</sup> ]	17500	17500	17500	
Укупан пречник (цео сноп), $d_{uSKS}$ [mm]	83	87	90	
Подужна маса СКС-а (цео сноп), $G_{uSKS}$ [kg / m]	3,91	4,28	4,7	
Спец. маса СКС-а, $\gamma_u = G_{uSKS}/S_u$ [daN/m·mm <sup>2</sup> ]	0,0809	0,0886	0,0973	
Нормално додатно оптерећење $N_{do} = k_{do} \cdot 0,18 \cdot \sqrt{d_{uSKS}}$ , [daN/m]	$k_{do} = 1$	1,6399	1,6789	1,7076
	<b><math>k_{do} = 1,6</math></b>	<b>2,6238</b>	<b>2,6863</b>	<b>2,7322</b>
	$k_{do} = 2,5$	4,0997	4,1973	4,2691
	$k_{do} = 4$	6,5596	6,716	6,8304
Спец. маса СКС-а са додатним оптерећењем, $\gamma_{du}$ [daN/m·mm <sup>2</sup> ] $\gamma_{du} = \gamma_u + N_{do}/S_u$	$k_{do} = 1$	0,1148	0,1233	0,1326
	<b><math>k_{do} = 1,6</math></b>	<b>0,1352</b>	<b>0,1442</b>	<b>0,1538</b>
	$k_{do} = 2,5$	0,1657	0,1755	0,1857
	$k_{do} = 4$	0,217	0,228	0,239

6.7 Нормално додатно оптерећење (облед) на алучеличном проводнику или СКС-у рачуна се према изразу:

$$N_{do} = k_{do} \cdot g = k_{do} \cdot 0,18 \cdot \sqrt{d_u}$$

где је:

$N_{do}$  - нормално додатно оптерећење по јединици дужине, равномерно распоређено дуж проводника у распону,  $u$  [daN / m];

$g$  - најмања вредност највећег додатног оптерећења које се на траси вода јавља са повратним периодом:  $T = 5$  година (вероватноћа појаве 90%);

$k_{do}$  - коефицијент који се добија од хидрометеоролошке службе за одређену микролокацију на којој се гради вод, и може да има вредности:  $k_{do} = 1$ ;  **$k_{do} = 1,6$** ;  $k_{do} = 2,5$ ;  $k_{do} = 4$ ;

$d_u$  - спољашњи пречник алучеличног проводника, а код НН СКС-а и СН СКС-а то је укупан спољашњи пречник целог снопа,  $u$  [mm].

**За просечне услове у Србији, у овој препоруци се у прорачунима усваја:  $k_{do} = 1,6$ . За НН СКС може да се усвоји и:  $k_{do} = 1$ .**

**Занемарује се** додатно оптерећење на стабло стуба, конзоле и изолаторе, као и на другу опрему која се монтира на стуб, као: кабловска глава, одводник пренапона, растављач итд.

**Изузетно додатно оптерећење  $N_{doi}$**  јавља се са повратним периодом од 20 година (вероватноћа појаве 97,5%) и у прорачунима се усваја:  **$N_{doi} \geq 2 \cdot N_{do}$**  (на пример:  $N_{doi} = 3 \cdot N_{do}$  при прелазу вода преко железничке пруге, тачка 6.4.а).

**6.8 Прорачун угиба у распону:**

**Угиб  $f$**  се рачуна за сваки распон, на основу карактеристика алу-челичног проводника или СКС-а и максималног радног (претпо-стављеног) напрезања  $\sigma_m$  усвојеног према тачки 6.4.

**За прорачун угиба у распону меродавно је стање** које између сле-дећа два стања даје веће напрезање:

- при температури  $t = - 5^\circ\text{C}$  са нормалним додатним оптерећењем (обледом)  $N_{до}$ , које се рачуна према тачки 6.7;
- при температури  $t = - 20^\circ\text{C}$  без додатног оптерећења (обледа).

**Температура** која одговара одабраном стању меродавна је за прорачуне угиба и напрезања при свим другим температурама, неза-висно од температуре проводника због струјног оптерећења вода.

**Максимални угиб** јавља се у тачки криве проводника у којој је тангента паралелна са правом која пролази кроз тачке прихватања истог проводника, а мери се у средини распона и код хоризонталног (сл.6.8а) и код косог распона (сл.6.8б). Између вредности угиба косог распона  $f_k$  и угиба  $f$  за хоризонтални распон важи однос:  $f_k = f / \cos\Psi$ , где је  $\Psi$  угао нагиба распона. За  $\Psi \leq 10^\circ$  може да се рачуна са:  $f_k \approx f$ .

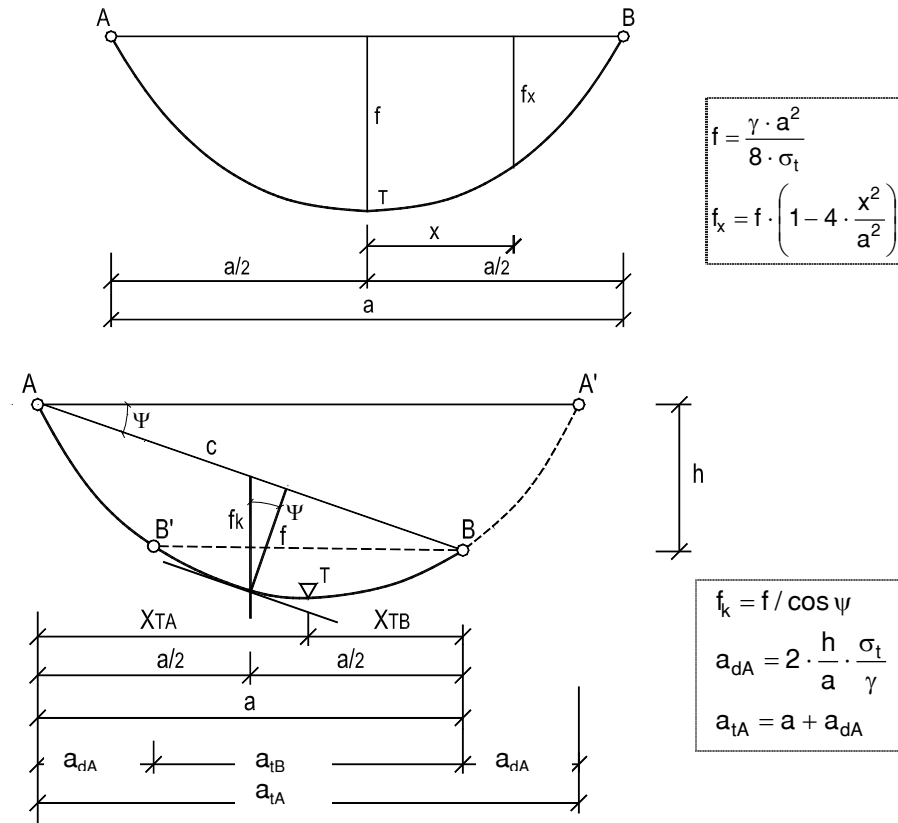
**За прорачун максималног угиба меродавно је стање које између следећа два стања даје већи угиб:**

- при температури  $t = - 5^\circ\text{C}$  са нормалним додатним оптерећењем (обледом)  $N_{до}$ , које се рачуна према тачки 6.7;
- при температури  $t = + 40^\circ\text{C}$ .

**Прорачун угиба и напрезања** за хоризонталне и косе распоне, за све пресеке алу-челичних проводника и СКС-а, све вредности нормалних додатног оптерећења, све температуре и све вредности дужина распона који се уобичајено јављају у надземној мрежи у Србији, изводи се помоћу корисничких програма на персоналном рачунару, а раде се и одговарајуће **табеле угиба** које се користе за монтажу алу-челичних проводника и СКС-а.



**Сл.6.8а: Крива проводника (ланчаница) - хоризонтални распон**



**Сл.6.8б: Крива проводника (ланчаница) - коси распон**

6.9 Размак (удаљеност) два проводника, као и удаљеност од делова под напором до стуба и уземљених делова, узимајући у обзир дејство ветра и додатно оптерећење, не сме да буде мања од вредности сигурносног размака у распону  $L_{srg}$  или у глави стуба  $L_{srg}$  које су дате у табели 6.9.

Табела 6.9: Сигурносни размаци у распону и у глави стуба

Називни напон мреже	Сигурносни размак	
	у распону, $L_{srg}$ [cm]	у глави стуба, $L_{srg}$ [cm]
10 kV	10	12
20 kV	20	22
35 kV	25	32

6.10 Захтеви из тачке 6.9 су испуњени под следећим условима:

а) Размак (удаљеност) у распону:

Размак (удаљеност) два проводника у средини распона  $D_{usr}$  не сме да буде мања од вредности која се добије прорачуном помоћу израза:

$$D_{usr} \geq k \cdot \sqrt{f_{40} + L_{ils}} + L_{srr}$$

где је:

$D_{usr}$  - размак два проводника у средини распона, у [cm];

$k$  ( $k_1, k_2, k_3$ ) - коефицијент међусобног положаја два проводника у средини распона;

$f_{40}$  - угиб проводника у средини распона на температури +40°C, независно од температуре проводника због струјног оптерећења вода, у [cm];

$L_{ils}$  - средња вредност дужина изолатора:  $L_{ils} = 0,5 \cdot (L_{il1} + L_{il2})$ , где су  $L_{il1}$  и  $L_{il2}$  дужине изолатора на крајевима распона, све у [cm];

$L_{srr}$  - сигурносни размак два проводника у распону, према табели 6.9, у [cm].

За потпорне ("LSP") изолаторе, затезне изолаторске ланце и изолаторске ланце UN стубова ако је угао скретања трасе вода:  $\alpha > 5^\circ$  је  $L_{il1} = 0$  или  $L_{il2} = 0$ . Дужине  $L_{il1}$  или  $L_{il2}$  се за носеће изолаторске ланце рачунају од тачке завешања до проводника (слика и табела Пр.6.в2 у Прилогу).

**Угиб проводника  $f_{40}$  у средини распона** рачуна се у односу на дужину " $a$ " хоризонталног распона, независно од тога да ли је распон хоризонталан или коси.

**Вредност коефицијента међусобног положаја два проводника  $k$  у средини распона** у равни попречној на правац вода зависи од угла отклона проводника у распону  $\alpha_{otkr}$  због дејства ветра и угла  $\beta$  који у распону затвара права повучена кроз наспрамне тачке два проводника у односу на хоризонталну раван, и добија се прорачуном помоћу израза:

- 1)  $k_1 = 4 + 0,04 \cdot \alpha_{otkr}$  ако је:  $0^\circ \leq \beta < 10^\circ$ , што је типично за **хоризонтални распоред** проводника у глави стуба (сл.5.9а), при чему не могу да се усвоје вредности мање од  $k_{1min} = 6$  и  $D_{1min} = 60$  cm;
- 2)  $k_2 = 2 + 0,1 \cdot \alpha_{otkr}$  ако је:  $10^\circ \leq \beta < 60^\circ$ , што је типично за **делта ( $\Delta$ ) распоред** према сл.5.9.61, при чему не могу да се усвоје вредности мање од  $k_{2min} = 7$  и  $D_{2min} = 70$  cm. Изузетно, иста вредност коефицијента  $k_2$  се усваја за СН вод са изолаторским ланцима и ако је:  $60^\circ \leq \beta < 90^\circ$ , под условом да је хоризонтална удаљеност проводника већа од вредности сигурносног размака  $L_{srr}$  из табеле 6.9 - **полувертикални распоред**, сл.5.9.62 и сл.5.9.63, као и сл.5.9.64 за проводнике на суседним конзолама;
- 3)  $k_3 = 4 + 0,2 \cdot \alpha_{otkr}$  ако је:  $60^\circ \leq \beta < 90^\circ$ , а хоризонтална удаљеност проводника мања од вредности сигурносног размака из табеле 6.9, што је типично за **вертикални распоред** проводника (сл.5.9.64, за проводнике на горњој и доњој конзоли), при чему не могу да се усвоје вредности мање од  $k_{3min} = 14$  и  $D_{3min} = 140$  cm.

**Угао отклона проводника у распону  $\alpha_{otkr}$  због дејства ветра** рачуна се помоћу израза:

$$\alpha_{\text{otkr}} = \arctg \frac{p_v \cdot d_u \cdot 10^{-3}}{G_u}$$

где је:

$p_v$  - притисак ветра према тачки 6.5, у [ $\text{daN/m}^2$ ];

$d_u$  - пречник алучеличног проводника према табели 6.6.а, у [ $\text{mm}$ ];

$G_u$  - подужна маса алучеличног проводника према табели 6.6.а, у [ $\text{kg/m}$ ].

**Вредност размака два проводника у средини распона  $D_{\text{usr}}$  рачуна се за сваки распон и за сваки проводник појединачно, а усваја се већа вредност.** На пример, код двосистемског вода 35 kV:

- распоред типа "буре" - средња фаза се проверава за полувертикални распоред у односу на крајње фазе, док се крајње фазе истог система међусобно проверавају на вертикални распоред проводника;
- распоред типа двоструки троугао ( $2 \times \Delta$ ) - обично је меродавна провера на хоризонтални распоред проводника на доњој конзоли.

**Када се прелази из косог у хоризонтални распоред** (на пример: прихватање на затезном стубу или растављачу), хоризонтални размак проводника на стубу са косим распоредом мора да одговара дозвољеном размаку проводника за хоризонтални распоред.

У табели 6.10 дати су параметри за прорачун размака два проводника у средини распона  $D_{\text{usr}}$ , за вредности типских пресека алучеличних проводника: 50/8, 70/12 и 95/15 и за притиске ветра:  $p_v = 50 \text{ daN/m}^2$ ,  $p_v = 60 \text{ daN/m}^2$  и  $p_v = 75 \text{ daN/m}^2$ .

Детаљније о прорачуну размака проводника у средини распона, избору конзола и оптимизацији облика главе стуба, види Прилог.

#### б) Размак (удаљеност) у глави стуба:

**Размак од делова под напоном до стуба и уземљених делова** не сме да буде мањи од сигурносног размака у глави стуба ( $L_{\text{srq}}$ ) из табеле 6.9. Међутим, ако се на носећем стубу користе изолаторски ланци, мора да се прорачуна и вредност отклона изолаторског ланца према стубу због дејства ветра. **Угао отклона носећег изолаторског ланца  $\alpha_{\text{otkg}}$**  се прорачунава помоћу израза:

$$\alpha_{\text{otkg}} = 0,7 \cdot \alpha_{\text{otkr}}$$

где је  $\alpha_{\text{otkr}}$  вредност угла отклона проводника у распону која се усваја из табеле 6.10.

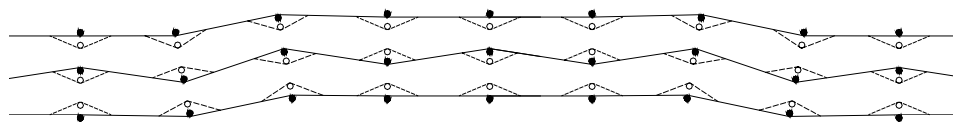
Табела 6.10: Параметри за прорачун размака алуцеличних проводника  $D_{usr}$  у средини распона

Назначени пресек Al/џ ужета, $S_{пу}$ [mm <sup>2</sup> ] ⇒		50/8	70/12	95/15
Параметри за прорачун ↓				
Спољашњи пречник Al/џ ужета, $d_u$ [mm]		9,6	11,7	13,6
Подужна маса Al/џ ужета, $G_u$ [kg / m]		0,196	0,284	0,383
$p_v = 50 \text{ daN/m}^2$	$\alpha_{откр} [^\circ]$	<b>67,8</b>	<b>64,1</b>	<b>60,6</b>
	$k_1 = 4+0,04 \cdot \alpha_{откр}$	6,7	6,6	6,4
	$k_2 = 2+0,1 \cdot \alpha_{откр}$	8,8	8,4	8,1
	$k_3 = 4+0,2 \cdot \alpha_{откр}$	17,6	16,8	16,1
$p_v = 60 \text{ daN/m}^2$	$\alpha_{откр} [^\circ]$	<b>71,2</b>	<b>68</b>	<b>64,9</b>
	$k_1 = 4+0,04 \cdot \alpha_{откр}$	6,9	6,7	6,6
	$k_2 = 2+0,1 \cdot \alpha_{откр}$	9,1	8,8	8,5
	$k_3 = 4+0,2 \cdot \alpha_{откр}$	18,2	17,6	17
$p_v = 75 \text{ daN/m}^2$	$\alpha_{откр} [^\circ]$	<b>74,8</b>	<b>72</b>	<b>69,4</b>
	$k_1 = 4+0,04 \cdot \alpha_{откр}$	7	6,9	6,8
	$k_2 = 2+0,1 \cdot \alpha_{откр}$	9,5	9,2	8,9
	$k_3 = 4+0,2 \cdot \alpha_{откр}$	19	18,4	17,9
Угао отклона алуцеличних проводника у средини распона због ветра: $\alpha_{откр} = \arctg(p_v \cdot d_u \cdot 10^{-3} / G_u)$ , у [°].				

6.11 Да би се добио **оптималан распоред проводника у глави стуба** и прописани размак проводника у средини распона, прихватање проводника на потпорним ("LSP") изолаторима носећих стубова мора да се врши:

- за средњу фазу: наизменично ("цик-цак") преко изолатора са једне или са друге стране стуба ("полигонација");
- за крајње фазе: преко изолатора ближе крају конзоле (даље од стуба).

На сл.6.11 приказан је пример монтаже проводника за прихватање проводника преко потпорних ("LSP") изолатора, као и начин извођења сигурносног (помоћног) веза код коришћења два изолатора по фази (појачана механичка сигурност вода). У нормалним погонским условима сигурносни вез не сме да преузима силу затезања проводника.



- главни изолатор; о помоћни изолатор

Сл.6.11: Прихватање проводника дуж вода преко "LSP" изолатора ("полигонација")

- 6.12 **Бетонска конзола се проверава на вертикалне силе** које потичу од тежине проводника и додатног оптерећења од наслага леда на проводнику, независно од намене стуба. **На стубовима са затезним и/или угаоним прихватањем, конзола се проверава и на хоризонталне силе** због затезања алучеличног проводника.

**Вертикална сила** која делује на конзолу рачуна се помоћу израза:

$$F_{\text{вкон}} = \gamma \cdot S_u \cdot a_{\text{gr}} \leq F_{\text{нкв}}$$

где је:

$F_{\text{вкон}}$  - вертикална сила која делује на конзолу, у [daN];

$F_{\text{нкв}}$  - номинална вертикална сила конзоле, у [daN];

$\gamma$  - специфична маса алучеличног проводника са обледом ( $\gamma = \gamma_{\text{ду}}$ ), или без обледа ( $\gamma = \gamma_u$  - за случај прорачуна негативних вертикалних сила), табела 6.6.а, у [daN / m·mm<sup>2</sup>];

$a_{\text{gr}}$  - дужина гравитационог распона, у [m];

$S_u$  - укупан пресек алучеличног проводника, у [mm<sup>2</sup>].

**За хоризонталне распоне** је:  $a_{\text{gr}} = a_{\text{sr}}$ , где је  $a_{\text{sr}}$  полузбир дужина суседних распона ("**ветровни распон**").

**За косе распоне**, дужина гравитационог распона може код стуба који се налази на вишој коти у односу на суседне стубове да буде знатно већа од полузбира дужина суседних распона хоризонталних (реалних) распона:  $a_{\text{gr}} \gg a_{\text{sr}}$ . Са друге стране, код стуба који се налази на нижој коти у односу на суседне стубове, могу да се јаве и негативне вертикалне силе. Детаљније о прорачуну гравитационог распона и вертикалних сила види Прилог.

**Хоризонтална сила од затезања** једног алучеличног проводника  $F_{\text{з1к}}$  **за конзолу на крајњем ("К") стубу** износи:

$$F_{\text{з1к}} = \sigma_{\text{мп}} \cdot S_u \leq F_{\text{нкх}}$$

где је:

$\sigma_{\text{мп}}$  - максимално радно напрезање проводника, у [daN/mm<sup>2</sup>];

$S_u$  - укупан пресек алучеличног проводника, у [mm<sup>2</sup>];

$F_{\text{нкх}}$  - номинална хоризонтална сила конзоле, у [daN].

**Све конзоле**, независно од намене стуба, **проверавају се и на оптерећење при монтажи - специјална оптерећења**. Усваја се да специјално оптерећење износи најмање **150 daN за стубове са носећим прихватањем** и најмање **300 daN за стубове са затезним прихватањем**.

**Номиналне вертикалне и хоризонталне силе конзола**  $F_{\text{нкв}}$  и  $F_{\text{нкх}}$  **делују у тежишту попречног пресека конзоле на месту завешања затезног изолаторског ланца**.

## 7 ОПТИМИЗАЦИЈА ПАРАМЕТАРА ЗА МЕХАНИЧКИ ПРОРАЧУН И ТИПИЗАЦИЈА ОБЛИКА ГЛАВЕ СТУБА НАДЗЕМНОГ СН ВОДА

7.1 Да би се добило **поуздано и економично решење надземног вода**, пројектант мора успешно да реши и следеће проблеме:

- **прорачун хоризонталних сила** сведених на врх стуба и **избор номиналне силе  $F_n$  стабла стуба** (тачка 6.2) и одговарајућег темеља;
- **прорачун угиба ( $f$  или  $f_k$ )** и задовољење захтева различитих случајева с обзиром на сигурносне висине  $h_{sv}$  и укрштања са другим објектима (табела 9.1), одакле проистиче **избор номиналне дужине стабла стуба  $L_n$** ;
- **прорачун размака (удаљености) између проводника** (тачка 6.10) у средини распона  $D_{usr}$ , одакле проистиче **избор конзола и распореда проводника у глави стуба**.

У Прилогу ове препоруке дата је основа прорачуна, оптимизација параметара за механички прорачун и типизација облика главе стуба надземних водова 10 kV, 20 kV и 35 kV, пресека алучеличних проводника 50/8, 70/12 и 95/15, за различите услове сталних оптерећења од тежине алучеличних проводника и променљивих оптерећења од наслага леда и од ветра.

У овом делу препоруке дају се **подаци о избору параметара за механички прорачун и избор типских решења у просечним условима на територији Србије**:

- **надземни једносистемски вод 10 kV или 20 kV:**
  - типски пресеци алучеличних проводника: 3x50/8 и 3x70/12;
  - нормално додатно оптерећење (облед):  $N_{do} = 1,6 \cdot g$ ;
  - притисак ветра:  $p_v = 60 \text{ daN/m}^2$ ;
  - дужина стабла стуба:  $L_n = 11 \text{ m}$  и  $L_n = 12 \text{ m}$ ;
- **надземни вишесистемски (мешовит) вод 10 kV или 20 kV:**
  - дужина распона:  $a = 40 \text{ m}$ ;
  - типски пресек алучеличних проводника: 3x70/12;
  - максимално радно напрезање:  $\sigma_{mp} = 7 \text{ daN/mm}^2$  за алучеличне проводнике,  $\sigma_{mnsks} = 10 \text{ daN/mm}^2$  за НН СКС и  $\sigma_{mnsks} = 20 \text{ daN/mm}^2$  за СН СКС;
  - нормално додатно оптерећење (облед):  $N_{do} = 1,6 \cdot g$  - за НН СКС може да се рачуна и са:  $N_{do} = 1 \cdot g$ ;
  - притисак ветра:  $p_v = 60 \text{ daN/m}^2$  за вод са алучеличним проводницима и  $p_v = 50 \text{ daN/m}^2$  за СКС;
  - дужина стабла стуба:  $L_n = 11 \text{ m}$ ;
- **надземни једносистемски или двосистемски вод 35 kV:**
  - типски пресек алучеличних проводника: 3x95/15 и 2x(3x95/15);
  - нормално додатно оптерећење (облед):  $N_{do} = 1,6 \cdot g$ ;
  - притисак ветра:  $p_v = 75 \text{ daN/m}^2$ ;
  - дужина стабла стуба:  $L_n = 15 \text{ m}$ ,  $L_n = 18 \text{ m}$  и  $L_n = 21 \text{ m}$ .

## 7.2 Угиби и сигурносне висине:

У табели 7.2 дате су **вредности граничних (највећих) дужина распона  $a_{gf}$  које могу да се постигну коришћењем стабала номиналне дужине  $L_n$  [m], с обзиром на дозвољене угибе и сигурносну висину:  $h_{sv} = 7$  m** (приближно раван терен, насељено место).

С обзиром на критеријум угиба и сигурносних висина, **предност има хоризонтални распоред проводника у глави стуба и примена потпорних ("LSP") изолатора.**

## 7.3 Номиналне силе $F_n$ стабала стубова:

У табели 7.3.1, односно 7.3.2, дате су **вредности граничних (највећих) дужина средњег распона  $a_{g315}$ ,  $a_{g400}$ ,  $a_{g630}$  и  $a_{g1000}$  при којима се за једносистемске водове 10 kV, 20 kV и 35 kV, односно за двосистемске водове 35 kV, не прекорачује вршна сила стабла LN стуба номиналне силе 315 daN, 400 daN, 630 daN и 1000 daN.** Ако се у затезном пољу користе распони дужине мање од граничних дужина, LN стуб може да се користи и као UN стуб, али за мали угао скретања трасе вода (пример 7.а у Прилогу).

У табели 7.3.3 дате су **вредности хоризонталних вршних силе  $F_{rv}$  и номиналних сила  $F_n$  стабала крајњих ("К") стубова једносистемских водова 10 kV, 20 kV или 35 kV са хоризонталним распоредом проводника у глави стуба, независно од номиналне дужине стабла.** Како хоризонталне вршне силе код "К" стуба за пресеке веће од 50/8 прелазе вредност 2000 daN, која је крајња препоручена вредност номиналне силе стабла за бетонске стубове са једним стаблом (табела 3.4 у ТП-10а), мора да се одабере двојни стуб  $2 \times L_n / 1000$ . **Двојни стуб се монтира тако да се правац који иде кроз осе два стабла поклапа са правцем трасе вода код "К" стуба и може да прихвати троструку вредност номиналне силе  $F_{n1}$  једног стабла** (тачка 3.3 у ТП-10а), односно:  $F_n = 3 \cdot F_{n1} = 3000$  daN.

У табели 7.3.4 дате су **вредности хоризонталних вршних силе  $F_{rv}$  и номиналних сила  $F_n$  стабала крајњих ("К") стубова двосистемских водова 35 kV са распоредом проводника типа "буре" (тачка 5.10) и типа "2хΔ" (тачка 5.11) у глави стуба, номиналне дужине стабла стуба  $L_n = 15$  m,  $L_n = 18$  m и  $L_n = 21$  m.** Како хоризонтална вршна сила код "К" стуба прелази вредност 2000 daN, мора да се одабере двојни стуб  $2 \times L_n / F_n$ , који се монтира на претходно описани начин и тада **двојни стуб може да прихвати троструку вредност номиналне силе  $F_{n1}$  једног стабла, односно тада је:  $F_n = 3 \cdot F_{n1}$ .**

Табела 7.2: Граничне дужине распона  $a_{gf}$  с обзиром на дозвољене угибе и сигурносну висину:  $h_{sv} = 7$  m

Дужина стабла	Гранична дужина распона $a_{gf}$ [ m ] ↓						
	Хоризонтални распоред; "LSP" изолатор; $h_k = 0$ m; $N_{do} = 1,6$ -g						
$L_n$ [m]	Напон вода	Al/č 50/8		Al/č 70/12		Al/č 95/15	
		$\sigma_{mp} = 9$	$\sigma_{mp} = 7$	$\sigma_{mp} = 9$	$\sigma_{mp} = 7$	$\sigma_{mp} = 9$	$\sigma_{mp} = 7$
11	10(20) kV	90	78	<b>102</b>	88	110	94
12		105	92	<b>119</b>	103	128	110
15	35 kV	не препоручује се овај пресек		172	151	<b>188</b>	164
18				209	184	<b>228</b>	200
21				240	211	<b>262</b>	230
Дужина стабла	Делта ( $\Delta$ ) распоред; "LSP" изолатори $h_k = 1$ m за вод 10(20) kV; $h_k = 1,6$ m за вод 35 kV; $N_{do} = 1,6$ -g						
$L_n$ [m]	Напон вода	Al/č 50/8		Al/č 70/12		Al/č 95/15	
		$\sigma_{mp} = 9$	$\sigma_{mp} = 7$	$\sigma_{mp} = 9$	$\sigma_{mp} = 7$	$\sigma_{mp} = 9$	$\sigma_{mp} = 7$
12	10(20) kV	86	75	<b>97</b>	83	106	90
15	35 kV	не препоручује се овај пресек		150	131	<b>163</b>	142
18				191	167	<b>208</b>	182
21				224	198	<b>245</b>	215
Дужина стабла	Распоред у троуглу; изолаторски ланци $h_{k1} = 0$ m; $h_{k2} = 1,6$ m; $h_{k3} = 1,6$ ; $N_{do} = 1,6$ -g						
$L_n$ [m]	Напон вода	Al/č 50/8		Al/č 70/12		Al/č 95/15	
		$\sigma_{mp} = 9$	$\sigma_{mp} = 7$	$\sigma_{mp} = 9$	$\sigma_{mp} = 7$	$\sigma_{mp} = 9$	$\sigma_{mp} = 7$
12	20 kV	55	46	<b>78</b>	67	85	72
15	35 kV	не препоручује се овај пресек		127	111	<b>139</b>	120
18				174	152	<b>189</b>	165
21				210	185	<b>229</b>	200
Дужина стабла	"Буре" распоред; "LSP" изолатори $h_{k1} = 0$ m; $h_{k2} = 1,6$ m; $h_{k3} = 3,2$ m; $N_{do} = 1,6$ -g						
$L_n$ [m]	Напон вода	2 x Al/č 50/8		2 x Al/č 70/12		2 x Al/č 95/15	
		$\sigma_{mp} = 9$	$\sigma_{mp} = 7$	$\sigma_{mp} = 9$	$\sigma_{mp} = 7$	$\sigma_{mp} = 9$	$\sigma_{mp} = 7$
15	35 kV	не препоручује се овај пресек		119	103	<b>129</b>	112
18				167	147	<b>183</b>	160
21				205	180	<b>223</b>	196
Дужина стабла	"Буре" распоред; изолаторски ланци $h_{k1} = 0$ m; $h_{k2} = 1,6$ m; $h_{k3} = 3,2$ m; $N_{do} = 1,6$						
$L_n$ [m]	Напон вода	2 x Al/č 50/8		2 x Al/č 70/12		2 x Al/č 95/15	
		$\sigma_{mp} = 9$	$\sigma_{mp} = 7$	$\sigma_{mp} = 9$	$\sigma_{mp} = 7$	$\sigma_{mp} = 9$	$\sigma_{mp} = 7$
15	35 kV	не препоручује се овај пресек		94	82	<b>102</b>	88
18				151	132	<b>164</b>	143
21				191	167	<b>208</b>	182

$\sigma_{mp}$  - максимално радно напрезање проводника, у [daN/mm<sup>2</sup>];  
 $h_{sv}$  - сигурносна висина, у [m];  
 $h_k$  - удаљење конзоле од врха стабла, у [m].



Табела 7.3.1: Граничне дужине средњег распона  $a_{g315}$ ,  $a_{g400}$ ,  $a_{g630}$  и  $a_{g1000}$  при којима се не прекорачује вршна сила LN стуба од 315 daN, 400 daN, 630 daN и 1000 daN

- једносистемски водови 10 kV, 20 kV и 35 kV -

Једносистемски вод								
Пресек ⇒		AI/č 50/8		AI/č 70/12		AI/č 95/15		
$\rho_v$ [daN/m <sup>2</sup> ] ⇒		60	75	60	75	60	75	
хоризонт. распоред	11 m	$a_{g315}$	158	121	<b>129</b>	100	111	85
		$a_{g400}$	207	160	<b>170</b>	132	146	113
	12 m	$a_{g315}$	155	118	<b>127</b>	97	109	82
		$a_{g400}$	204	158	<b>168</b>	130	144	112
	15 m	$a_{g315}$	не препоручује се овај пресек		98	68	84	59
		$a_{g400}$			138	100	119	<b>86</b>
		$a_{g630}$			248	188	213	<b>162</b>
	18 m	$a_{g400}$			125	87	107	75
		$a_{g630}$			234	174	201	<b>150</b>
	21 m	$a_{g400}$			110	72	95	62
		$a_{g630}$	220	160	189	<b>137</b>		
	$\Delta$ распоред $h_{k2} = 1$ m	12 m	$a_{g315}$	164	126	<b>135</b>	103	116
$a_{g400}$			217	167	178	137	153	118
распоред у троуглу и $\Delta$ распоред $h_{k1} = 0$ m $h_{k2} = 1,6$ m $h_{k3} = 1,6$ m	15 m	$a_{g315}$	не препоручује се овај пресек		106	73	91	63
		$a_{g400}$			149	108	128	<b>93</b>
		$a_{g630}$			263	202	229	<b>174</b>
	18 m	$a_{g400}$			133	92	114	79
		$a_{g630}$			249	185	214	<b>159</b>
	21 m	$a_{g400}$			116	76	100	66
		$a_{g630}$	231	168	199	<b>145</b>		

$a_{g315}$  [m];  $a_{g400}$  [m];  $a_{g630}$  [m];  $a_{g1000}$  [m] - гранична дужина средњег распона при којој вршна сила не прелази вредност: 315 daN; 400 daN; 630 daN; 1000 daN;  
 $h_k$  - удаљење конзоле од врха стабла;  
 $\rho_v$  - притисак ветра по јединици површине, у [daN/m<sup>2</sup>].

Табела 7.3.2: Граничне дужине средњег распона  $a_{g315}$ ,  $a_{g400}$ ,  $a_{g630}$  и  $a_{g1000}$  при којима се не прекорачује вршна сила LN стуба од 315 daN, 400 daN, 630 daN и 1000 daN

- двосистемски вод 35 kV -

Двосистемски вод, "буре" распоред						
Пресек ⇒		2 x Al/ч 70/12		2 x Al/ч 95/15		
$\rho_v$ [daN/m <sup>2</sup> ] ⇒		60	75	60	75	
"буре" распоред $h_{k1} = 0$ m $h_{k2} = 1,6$ m $h_{k3} = 3,2$ m	15 m	$a_{g400}$	78	57	67	50
		$a_{g630}$	139	106	120	<b>91</b>
		$a_{g1000}$	238	185	205	<b>159</b>
	18 m	$a_{g630}$	129	96	111	83
		$a_{g1000}$	226	174	194	<b>149</b>
	21 m	$a_{g630}$	120	87	103	75
$a_{g1000}$		215	163	185	<b>141</b>	
Двосистемски вод, "2 x Δ" распоред						
Пресек ⇒		2 x Al/ч 70/12		2 x Al/ч 95/15		
$\rho_v$ [daN/m <sup>2</sup> ] ⇒		60	75	60	75	
"2 x Δ" распоред $h_{k1} = 0$ m $h_{k2} = 1,6$ m $h_{k3} = 1,6$ m	15 m	$a_{g400}$	75	55	65	50
		$a_{g630}$	133	102	115	<b>88</b>
		$a_{g1000}$	229	178	197	<b>153</b>
	18 m	$a_{g630}$	125	93	108	80
		$a_{g1000}$	219	168	188	<b>145</b>
	21 m	$a_{g630}$	116	85	99	72
$a_{g1000}$		209	159	180	<b>137</b>	
$a_{g315}$ [m]; $a_{g400}$ [m]; $a_{g630}$ [m]; $a_{g1000}$ [m] - гранична дужина средњег распона при којој вршна сила не прелази вредност: 315 daN; 400 daN; 630 daN; 1000 daN; $h_k$ - удаљење конзоле од врха стабла; $\rho_v$ - притисак ветра по јединици површине, у [daN/m <sup>2</sup> ].						

Табела 7.3.3: Хоризонталне вршне силе и номиналне силе стабала крајњих ("К") стубова једносистемских СН водова

Хоризонтални распоред - једносистемски водови 10 kV, 20 kV и 35 kV -						
Пресек ⇒	Al/ч 50/8		Al/ч 70/12		Al/ч 95/15	
Силе⇒	$F_{rv}$ [daN]	$F_n$ [daN]	$F_{rv}$ [daN]	$F_n$ [daN]	$F_{rv}$ [daN]	$F_n$ [daN]
$\sigma_{mp} = 7$	1182	1250	1707	2000	2304 *	2 x 1000
$\sigma_{mp} = 9$	1522	1600	2195 *	2 x 1000	2962 *	2 x 1000

$\sigma_{mp}$  - максимално радно напрезање проводника, [daN/mm<sup>2</sup>];  
 $F_{rv}$  [daN] - резултанта хоризонталне вршне силе "К" стуба;  
 $F_n$  [daN] - номинална сила "К" стуба;  
 $F_{n1}$  [daN] - номинална сила једног стабла двојног стуба ( $F_{n1} = 1000$  daN);  
 \* -  $F_{rv} > 2000$  daN, потребан двојни бетонски стуб:  $2 \times L_n / F_n$ ;  $F_n = 3 \cdot F_{n1}$ .

Табела 7.3.4: Хоризонталне вршне силе и номиналне силе стабала крајњих ("К") стубова двосистемског вода 35 kV

Двосистемски вод 35 kV - "Буре" распоред $h_{k1} = 0$ m; $h_{k2} = 1,6$ m; $h_{k3} = 3,2$ m					
Пресек	макс. радно напрезање	Вршне ( $F_{rv}$ ) и номиналне ( $F_n$ ) силе "К" стуба ↓			
		$L_n$ [ m ] ⇒	15	18	21
2 x Al/ч 70/12	$\sigma_{mp} = 7$ daN/mm <sup>2</sup>	$F_{rv}$ [daN]	3050	3111	3154
		$F_n$ [daN]	2 x 1250		
	$\sigma_{mp} = 9$ daN/mm <sup>2</sup>	$F_{rv}$ [daN]	3922	4000	4056
		$F_n$ [daN]	2 x 1600		
2 x Al/ч 95/15	$\sigma_{mp} = 7$ daN/mm <sup>2</sup>	$F_{rv}$ [daN]	4116	4198	4256
		$F_n$ [daN]	2 x 1600		
	$\sigma_{mp} = 9$ daN/mm <sup>2</sup>	$F_{rv}$ [daN]	5292	5398	5472
		$F_n$ [daN]	2 x 2000		

Двосистемски вод 35 kV - "2 x Δ" распоред $h_{k1} = 0$ m; $h_{k2} = 1,6$ m; $h_{k3} = 1,6$ m					
Пресек	макс. радно напрезање	Вршне ( $F_{rv}$ ) и номиналне ( $F_n$ ) силе "К" стуба ↓			
		$L_n$ [ m ] ⇒	15	18	21
2 x Al/ч 70/12	$\sigma_{mp} = 7$ daN/mm <sup>2</sup>	$F_{rv}$ [daN]	3170	3212	3242
		$F_n$ [daN]	2 x 1250		
	$\sigma_{mp} = 9$ daN/mm <sup>2</sup>	$F_{rv}$ [daN]	4078	4130	4168
		$F_n$ [daN]	2 x 1600		
2 x Al/ч 95/15	$\sigma_{mp} = 7$ daN/mm <sup>2</sup>	$F_{rv}$ [daN]	4280	4334	4372
		$F_n$ [daN]	2 x 1600		
	$\sigma_{mp} = 9$ daN/mm <sup>2</sup>	$F_{rv}$ [daN]	5502	5572	5624
		$F_n$ [daN]	2 x 2000		

$L_n$  [ m ] - дужина стабла стуба;  
 $F_{rv}$  [daN] - сведена вршна сила оба система;  
 $F_n$  [daN] - номинална сила "К" стуба (двојни сруб  $2 \times L_n / F_n$ );  $F_n = 3 \cdot F_{n1}$ ;  
 $F_{n1}$  [daN] - номинална сила једног стабла двојног стуба.

У табели 7.3.5 дате су вредности хоризонталних вршних силе  $F_{rv}$  и номиналних сила  $F_n$  стабла LN стубова вишесистемских (мешовитих) водова 10 kV или 20 kV са хоризонталним распоредом алуцеличних проводника у глави стуба и прихватањем СКС-а према сл.7.11.

Типска вредност номиналне силе стабла LN стуба:

- $F_n = 315 \text{ daN}$  када се користи комбинација: вод са алуцеличним проводницима + (НН СКС или СН СКС) + кућни прикључци;
- $F_n = 400 \text{ daN}$  када се користи комбинација: вод са алуцеличним проводницима + два НН СКС-а или (НН СКС + СН СКС) + кућни прикључци, или **када се врши општа типизација стабла стуба мешовитог вода са кућним прикључцима.**

Ако се прорачуном добије да резултантна вршна сила стабла LN стуба прелази вредност 400 daN, треба предузети мере да се ова сила сведе на највише 400 daN, на пример: смањењем дужине распона, извођењем кабловског кућног прикључка итд.

Табела 7.3.5: Хоризонталне вршне силе LN стуба мешовитог вода

Хоризонтални распоред алуцеличних проводника $L_n = 11 \text{ m}; h_{kssks} = 1,7 \text{ m}; h_{knsks} = 1,8 \text{ m}$					
3 x Al/č 70/12					
мешовит вод	Распон $\Rightarrow$	$p_v = 50 \text{ daN/m}^2$		$p_v = 60 \text{ daN/m}^2$	
		a = 40 m			
1	$F_{rwst}$	34,5 (52 *)		41 (62 *)	
2	$F_{rwAlc}$	70		84	
3	$F_{rwnsks}$	66,9			
4	$F_{rwsks}$	111,6			
5	$F_{rvkp}$	80			
Вршне силе		$F_{rvmv} [\text{daN}]$	$F_n [\text{daN}]$	$F_{rvmv} [\text{daN}]$	$F_n [\text{daN}]$
1+2+3+5		251,6	315	272,5	315
1+2+4+5		296,3		317,2	400
1+2+3+3+5		318,5	400	339,4	
1+2+3+4+5		380,6		405,1	

$F_{rwst}, F_{rwAlc}, F_{rwnsks}, F_{rwsks}, F_{rvkp}$  - вршне силе од притиска ветра на стуб, алуцеличне проводнике, НН СКС, СН СКС, кућне прикључке - све у [ daN ];  
 $F_{rvmv}$  - резултантна вршна сила мешовитог вода, са прикључцима, у [ daN ];  
 $F_n$  - номинална сила стабла стуба, у [ daN ];  
 НН СКС 3x70+54,6+2x16 mm<sup>2</sup>,  $p_v = 50 \text{ daN/m}^2$ ;  
 СН СКС 3x(1x95)+50 mm<sup>2</sup>, 10 kV,  $p_v = 50 \text{ daN/m}^2$ ;  
 $h_{knsks}$  - удаљење конзоле за прихватања НН СКС-а од врха стабла стуба;  
 $h_{kssks}$  - удаљење конзоле за прихватања СН СКС-а од врха стабла стуба;  
 $p_v$  - притисак ветра по јединици површине, у [daN/m<sup>2</sup>].  
 \* - за стабло номиналне силе  $F_n > 315 \text{ daN}$ ;  
 \*\* - задовољава за распон дужине до 39 m;  
 $p_v$  - притисак ветра по јединици површине, у [daN/m<sup>2</sup>].

У табели 7.3.6 дате су вредности хоризонталних сила због затезања алучеличних проводника и СКС-а крајњих ("К") стубова мешовитих водова 10 kV или 20 kV.

У табели 7.3.7 дате су вредности хоризонталних сила због затезања једног алучеличног проводника  $F_{z1k}$  и номиналних хоризонталних сила  $F_{nkh}$  конзола крајњих ("К") стубова једносистемских водова 10 kV, 20 kV или 35 kV.

Табела 7.3.6: Хоризонталне вршне силе "К" стуба мешовитог вода

Хоризонтални распоред алучеличних проводника $L_n = 11 \text{ m}; h_{kssks} = 1,7 \text{ m}; h_{knsks} = 1,8 \text{ m}$		
3 x Al/č 70/12; $\sigma_{mp} = 7 \text{ daN/mm}^2$		
мешовит вод		сведене вршне силе, појединачно, [ daN ]
1: Al/č	$F_{rvAlc}$	1707
2: NN SKS	$F_{rvnsks}$	457
3: SN SKS	$F_{rvssks}$	817
Вршне силе мешовитог вода	$F_{rvmv}$ [daN]	$F_n$ [daN]
1+2	2164	2 x 1000
1+3	2524	
1+2+2	2621	
1+2+3	2981	
$F_{rvAlc}, F_{rvnsks}, F_{rvssks}$ - вршне силе од сила затезања алучеличних проводника, НН СКС-а и СН СКС-а, све у [ daN ]; $F_{rvmv}$ - резултантна вршна сила "К" стуба мешовитог вода, у [ daN ]; $F_n$ - номинална сила стабла стуба, у [ daN ]; НН СКС 3x70+54,6+2x16 mm <sup>2</sup> ; $\sigma_{mnsks} = 10 \text{ daN/mm}^2$ ; СН СКС 3x(1x95)+50 mm <sup>2</sup> ; $\sigma_{mssks} = 20 \text{ daN/mm}^2$ ; $h_{knsks}$ - удаљење конзоле за прихватања НН СКС-а од врха стабла стуба; $h_{kssks}$ - удаљење конзоле за прихватања СН СКС-а од врха стабла стуба.		

Табела 7.3.7: Хоризонталне вршне силе и номиналне хоризонталне силе конзола крајњих ("К") стубова једносистемских водова

Хоризонталне силе конзола крајњег ("К") стуба једносистемског вода 10 kV, 20 kV или 35 kV						
Пресек =>	Al/č 50/8		Al/č 70/12		Al/č 95/15	
Силе =>	$F_{z1k}$	$F_{nkh}$	$F_{z1k}$	$F_{nkh}$	$F_{z1k}$	$F_{nkh}$
$\sigma_{mp} = 7$	394	<b>400</b>	569	<b>630</b>	768	<b>800</b>
$\sigma_{mp} = 9$	507	<b>630</b>	732	<b>800</b>	987	<b>1000</b>
$\sigma_{mp}$ - максимално радно напрезање проводника, у [ daN/mm <sup>2</sup> ]; $F_{z1k}$ - хоризонтална сила затезања једног проводника на "К" стубу, у [ daN]; $F_{nkh}$ - номинална хоризонтална сила конзоле "К" стуба, у [ daN].						

#### 7.4 Размак проводника у средини распона и димензије конзола:

**Вредност размака (удаљеност) два проводника у средини распона  $D_{usr}$**  не сме да буде мања од вредности која се добије прорачуном помоћу израза који су дати у тачки 6.10, у зависности од начина прихватања (распореда) проводника у глави стуба: **распоред у хоризонталној равни и распоред у троуглу (делта, полувертикални распоред, двоструки троугао итд.)**. Резултат овог прорачуна даје **димензије (дужину) конзоле за LN стубове, или UN стубове** са углом скретања трасе вода:  $\alpha \leq 20^\circ$ , при чему се врши **избор дужине крака конзоле  $L_{kn}$ [cm]** у оквиру стандардног низа:

**$L_{kn} = 63 \text{ cm}; 80 \text{ cm}; 100 \text{ cm}; 125 \text{ cm}; 160 \text{ cm}$  и  $200 \text{ cm}$ .**

Као "**дужина крака конзоле  $L_{kn}$** " подразумева се размак између осе стабла стуба и осе вертикалног отвора за монтажу изолатора на крају конзоле (на пример: сл.7.6).

**Пошто конзола служи за прихватање проводника за оба суседна распона, распоред проводника у глави стуба и димензије конзоле бирају се на основу тежих захтева прорачуна по распонима.** У прорачун се уносе, поред општих података (пресек, облед, ветар, угао скретања трасе вода), подаци за дужине распона, као и подаци о распореду проводника, врсти примењених изолатора и намени стубова (носеће или затезно прихватање проводника) на крајевима сваког распона.

**Код одређивања димензија (дужине крака) конзоле са затезним прихватањем проводника** (линијским и/или угаоним, пример 7.а.3.2 у Прилогу), због угла скретања трасе вода, као и због тога што се на затезном стубу (UZ или K) користи затезни изолаторски ланац код кога је, због симетричности смештаја отвора за завешање затезног изолаторског ланца, дужина крака конзоле мања за 12,5 cm (сл.4.13.а у ТП10а), а толико је мањи и размак између проводника, па треба:

- **смањити дужине распона код LZ, UZ или K стуба** тако да се у средини распона задрже размаци који су прорачунати за праволинијски део трасе вода, или
- **повећати димензије конзола LZ, UZ или K стуба** ако се задрже дужине распона које одговарају праволинијском делу трасе вода.

У табелама 7.4 дате су **вредности граничних (највећих) дужина распона  $a_{usr}[m]$**  при којима је са конзолом дужине крака  $L_{kn}[cm]$  **испуњен услов о дозвољеном размаку проводника у средини распона** између стубова са носећим прихватањем проводника.

Табела 7.4.1: Граничне дужине распона  $a_{\text{гуср}}$  при којима је са конзолом дужине крака  $L_{\text{kn}}$  испуњен услов о дозвољеном размаку проводника у средини распона

Хоризонтални распоред проводника; "LSP" изолатори							
$N_{\text{до}} = 1,6 \cdot g$			Гранична дужина распона $a_{\text{гуср}}$ [ m ] ↓				
Макс. радно напрезање ⇒			$\sigma_{\text{мп}} = 9 \text{ daN/mm}^2$		$\sigma_{\text{мп}} = 7 \text{ daN/mm}^2$		
Пресек	Напон	$p_v$ [daN/m <sup>2</sup> ] ⇒	60	75	60	75	
50/8	10 kV	$L_{\text{kn}} = 63 \text{ cm}$	48	47	39	38	
70/12			55	54	<b>44*</b>	43	
50/8	20 kV		40	38	31	30	
70/12			43	42	34	32	
50/8	10 kV		$L_{\text{kn}} = 80 \text{ cm}$	63	62	53	52
70/12				<b>72</b>	71	<b>60*</b>	58
95/15		79		77	66	64	
50/8	20 kV	55		53	45	44	
70/12		<b>62</b>		61	<b>51*</b>	50	
95/15		68		66	55	54	
50/8	10 kV	$L_{\text{kn}} = 100 \text{ cm}$	81	80	69	68	
70/12			<b>92</b>	90	78	76	
95/15			101	98	86	84	
50/8	20 kV		72	71	61	60	
70/12			<b>82</b>	80	69	68	
95/15			90	87	76	74	
50/8	10 kV	$L_{\text{kn}} = 125 \text{ cm}$	103	101	89	88	
70/12			<b>117</b>	114	101	99	
95/15			129	126	111	108	
50/8	20 kV		94	93	81	80	
70/12			<b>107</b>	105	92	90	
95/15			118	115	101	98	
70/12	35 kV**	$L_{\text{kn}} = 125 \text{ cm}$	97	95	83	81	
95/15			107	<b>104</b>	91	89	
70/12		$L_{\text{kn}} = 160 \text{ cm}$	132	129	115	112	
95/15			146	<b>142</b>	127	123	
70/12		$L_{\text{kn}} = 200 \text{ cm}$	173	168	151	147	
95/15			191	<b>186</b>	166	162	

$L_{\text{kn}}$  - стандардна дужина крака конзоле;  
 \* - мешовит вод 10 kV или 20 kV;  
 \*\* - сигурносни размак у средини распона:  $L_{\text{сrr}} = 30 \text{ cm}$ .

Табела 7.4.2: Граничне дужине распона  $a_{gusr}$  при којима је са конзолом дужине крака  $L_{kn}$  испуњен услов о дозвољеном размаку проводника у средини распона

Делта ( $\Delta$ ) распоред; "LSP" изолатори; једносистемски вод $h_k = 1 \text{ m}$ за вод 10(20) kV; $h_k = 1,6 \text{ m}$ за вод 35 kV						
$N_{до} = 1,6 \cdot g$			Гранична дужина распона $a_{gusr}$ [ m ] ↓			
Макс. радно напрезање $\Rightarrow$			$\sigma_{мп} = 9 \text{ daN/mm}^2$		$\sigma_{мп} = 7 \text{ daN/mm}^2$	
Пресек	Напон	$p_v$ [daN/m <sup>2</sup> ] $\Rightarrow$	60	75	60	75
50/8	10 kV	$L_{kn} = 63^* \text{ cm}$	53	51	43	42
70/12			61	59	<b>50</b>	48
95/15			67	64	55	52
50/8	20 kV		46	44	37	36
70/12			54	51	<b>43</b>	41
95/15			59	54	47	44
50/8	10 kV	$L_{kn} = 63 \text{ cm}$	73	71	62	60
70/12			<b>85</b>	81	72	68
95/15			94	90	80	76
50/8	10 kV	$L_{kn} = 80 \text{ cm}$	80	77	68	66
70/12			<b>92</b>	88	79	75
95/15			103	98	88	83
50/8	20 kV		73	71	62	60
70/12			<b>85</b>	81	72	68
95/15			94	90	80	76
50/8	10 kV	$L_{kn} = 100 \text{ cm}$	89	85	76	73
70/12			<b>102</b>	98	88	84
95/15			115	109	98	93
50/8	20 kV		82	79	70	67
70/12			<b>95</b>	91	81	77
95/15			106	100	90	85
50/8	10 kV	$L_{kn} = 125 \text{ cm}$	101	98	88	84
70/12			<b>117</b>	112	101	96
95/15			131	124	113	107
50/8	20 kV		95	91	81	78
70/12			<b>109</b>	105	94	90
95/15			122	116	105	100
70/12	35 kV**	$L_{kn} = 125 \text{ cm}$	135	129	117	111
95/15			107	<b>104</b>	91	89
70/12		$L_{kn} = 160 \text{ cm}$	152	146	132	127
95/15			171	<b>162</b>	149	141
70/12		$L_{kn} = 200 \text{ cm}$	175	168	153	146
95/15			197	<b>187</b>	172	163

$L_{kn}$  - стандардна дужина крака конзоле;  
 $h_k$  - удаљење доње двокраке конзоле од врха стабла;  
\* - конзола постављена на  $h_k = 0,6 \text{ m}$  од врха стабла стуба - мешовит вод;  
\*\* - сигурносни размак у средини распона:  $L_{srr} = 30 \text{ cm}$ .



Табела 7.4.3: Граничне дужине распона  $a_{gusr}$  при којима је са конзолом дужине крака  $L_{kn}$  испуњен услов о дозвољеном размаку проводника у средини распона, **полувертикални распоред**

<b>Распоред у троуглу; <math>h_{k1} = 0</math> m; <math>h_{k2} = 1,6</math> m; <math>h_{k3} = 1,6</math> m изолаторски ланци; <math>L_{kn1} = 1,25</math> m; <math>L_{kn2} = 2 \times 1,6</math> m</b>						
<b>Двосистемски вод; "буре" распоред; <math>h_{k1} = 0</math> m; <math>h_{k2} = 1,6</math> m; <math>h_{k3} = 3,2</math> m; изолаторски ланци; <math>L_{kn1} = 1,25</math> m; <math>L_{kn2} = 1,6</math> m; <math>L_{kn3} = 1,25</math> m</b>						
<b><math>N_{до} = 1,6 \cdot g</math></b>			Гранична дужина распона $a_{gusr}$ [ m ] ↓↓			
Макс. радно напрезање ⇒			$\sigma_{mp} = 9$ daN/mm <sup>2</sup>		$\sigma_{mp} = 7$ daN/mm <sup>2</sup>	
Пресек	Напон	$p_v$ [daN/m <sup>2</sup> ] ⇒	60	75	60	75
70/12	35 kV**	$D_{usr} = 164$ cm	82	76	69	64
95/15			94	<b>86</b>	79	72
<b>Двосистемски вод; "буре" распоред; <math>h_{k1} = 0</math> m; <math>h_{k2} = 1,6</math> m; <math>h_{k3} = 3,2</math> m; потпорни ("LSP") изолатори; <math>L_{kn1} = 1,25</math> m; <math>L_{kn2} = 1,6</math> m; <math>L_{kn3} = 1,25</math> m</b>						
<b><math>N_{до} = 1,6 \cdot g</math></b>			Гранична дужина распона $a_{gusr}$ [ m ] ↓↓			
Макс. радно напрезање ⇒			$\sigma_{mp} = 9$ daN/mm <sup>2</sup>		$\sigma_{mp} = 7$ daN/mm <sup>2</sup>	
Пресек	Напон	$p_v$ [daN/m <sup>2</sup> ] ⇒	60	75	60	75
70/12	35 kV**	$D_{usr} = 164$ cm	105	100	90	85
95/15			117	<b>111</b>	100	95
<b>Двосистемски вод; двоструки троугао ("2x1") распоред потпорни ("LSP") изолатори; <math>h_{k1} = 0</math> m; <math>h_{k2} = 1,6</math> m; <math>h_{k3} = 1,6</math> m <math>L_{kn1} = 1,25</math> m; <math>L_{kn2} = 2 \times 2,0</math> m</b>						
<b><math>N_{до} = 1,6 \cdot g</math></b>			Гранична дужина распона $a_{gusr}$ [ m ] ↓↓			
Макс. радно напрезање ⇒			$\sigma_{mp} = 9$ daN/mm <sup>2</sup>		$\sigma_{mp} = 7$ daN/mm <sup>2</sup>	
Пресек	Напон	$p_v$ [daN/m <sup>2</sup> ] ⇒	60	75	60	75
70/12	35 kV**	$D_{usr} = 133$ cm*	105	103	90	88
95/15			116	<b>113</b>	99	96
<p><math>L_{kn}</math> - стандардна дужина крака конзоле;  <math>h_k</math> - удаљење конзоле од врха стабла;  <math>D_{usr}</math> - размак између проводника у средини распона;  * - меродаван хоризонтални размак два проводника на доњој конзоли;  ** - сигурносни размак у средини распона: <math>L_{srr} = 30</math> cm.</p>						

7.5 **Обележавање конзола** врши се помоћу група слова и бројева:

**ВК J(D)n N(Z) L<sub>kn</sub>/F<sub>nkV</sub>/F<sub>nkH</sub> - SNP**, са значењем:

- **ВК** - бетонска конзола; **АК** - алуминијумска конзола;
- **J** - једнокрака; **D** - двокрака;
- **n** - укупан број проводника на конзоли: n = 1 до n = 4;
- **N** - носеће прихватање; **Z** - затезно прихватање;
- **L<sub>kn</sub>** - стандардна вредност дужине једног крака конзоле, у [cm];
- **F<sub>nkV</sub>** - номинална вертикална сила конзоле, у [daN];
- **F<sub>nkH</sub>** - номинална хоризонтална сила конзоле, у [daN];
- **SNP** - скраћени назив (ознака) произвођача конзоле.

**Дужина крака конзоле L<sub>kn</sub>[cm]** бира се према критеријуму дозвољених размака између проводника у средини распона у оквиру низа из тачке 7.4, а **номиналне вертикалне силе конзоле F<sub>nkV</sub>** и **номиналне хоризонталне силе конзоле F<sub>nkH</sub>** на основу очекиваних сила на месту уградње.

Пример обележавања: **BKD3Z 125/800/1000** је тип бетонске двокраке конзоле за укупно 3 проводника, за затезно прихватање проводника, дужине једног крака L<sub>kn</sub> = 125 cm, номиналне вертикалне силе (назначена вредност) F<sub>nkV</sub> = 800 daN и номиналне хоризонталне силе F<sub>nkH</sub> = 1000 daN по проводнику.

7.6 **Типско решење облика главе стуба за хоризонтални распоред проводника је двокрака конзола за три проводника, сл.7.6:**

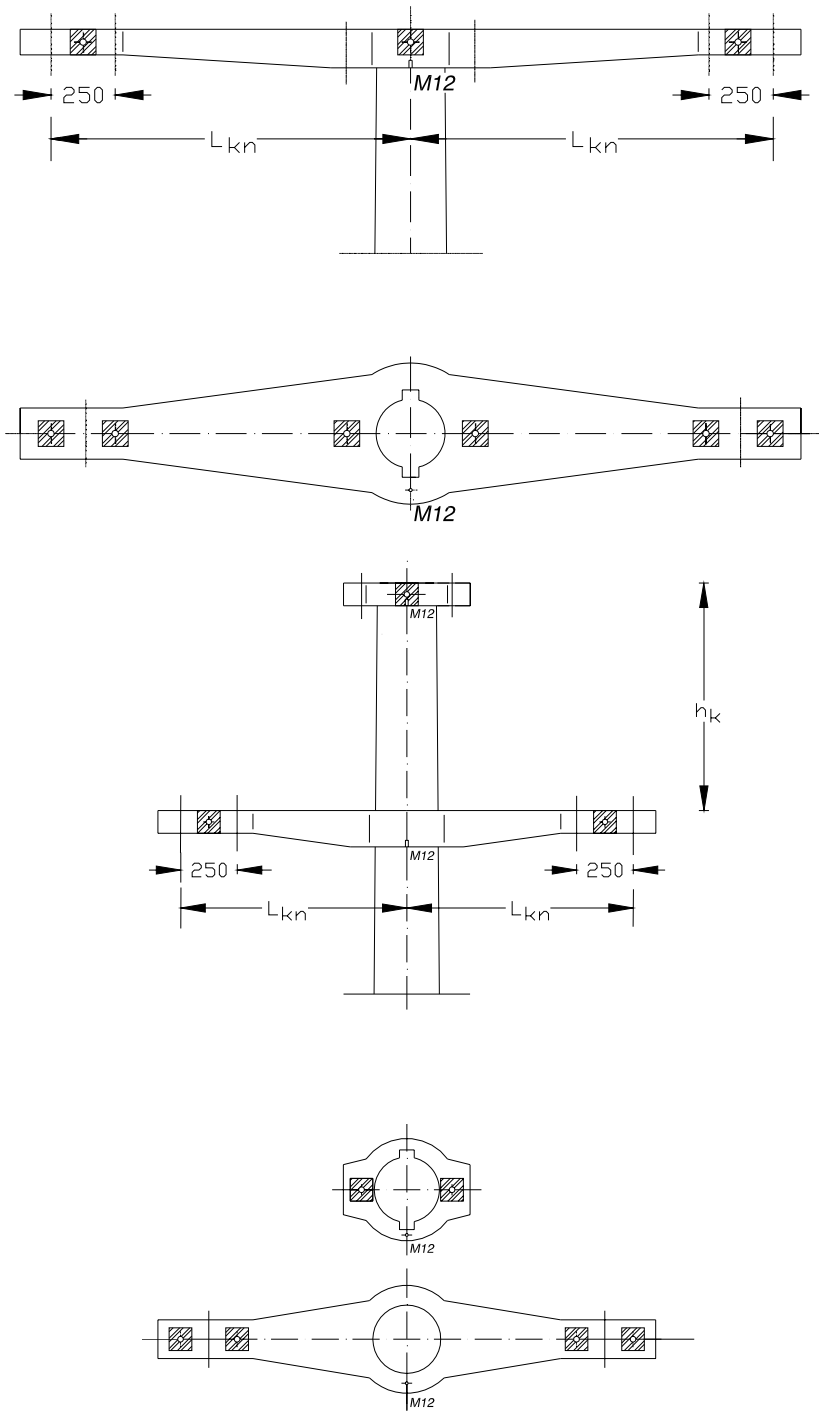
- тип **BKD3N L<sub>kn</sub>/F<sub>nkV</sub>/F<sub>nkH</sub>** за носеће прихватање са потпорним ("LSP") изолаторима;
- тип **BKD3Z L<sub>kn</sub>/F<sub>nkV</sub>/F<sub>nkH</sub>** за затезно прихватање са изолаторским ланцима.

7.7 **Типско решење облика главе стуба за делта (Δ) распоред проводника је двокрака конзола за два проводника, тип BKD2N L<sub>kn</sub>/F<sub>nkV</sub>/F<sub>nkH</sub> за носеће прихватање и мала конзола у врху (темену) стабла за носеће прихватање једног (средњег) проводника у "цик-цак" распореду тип BKD1N 0/F<sub>nkV</sub>/F<sub>nkH</sub>, са потпорним ("LSP") изолаторима, сл.7.7.**

**Размак h<sub>k</sub>** између горње и доње конзоле износи:

- h<sub>k</sub> = 1 m за вод 10 kV или 20 kV, за номиналну дужину стабла стуба: L<sub>n</sub> = 12 m;
- h<sub>k</sub> = 0,8 m за вод 10 kV или 20 kV, за номиналну дужину стабла стуба: L<sub>n</sub> = 11 m и дужине распона до 80 m;
- h<sub>k</sub> = 1,6 m за вод 35 kV, за номиналну дужину стабла стуба: L<sub>n</sub> = 15 m, L<sub>n</sub> = 18 m и L<sub>n</sub> = 21 m.

Сл.7.6 Типска двокрака конзола за три проводника



**Сл.7.7 Типске конзоле код делта ( $\Delta$ ) распореда**

7.8 Типско решење облика главе стуба за распоред проводника у троуглу, када се примењују изолаторски ланци (полувертикални распоред) је једнокрака конзола у врху (темену) стабла и дво-крака доња конзола за два проводника (сл.7.8).

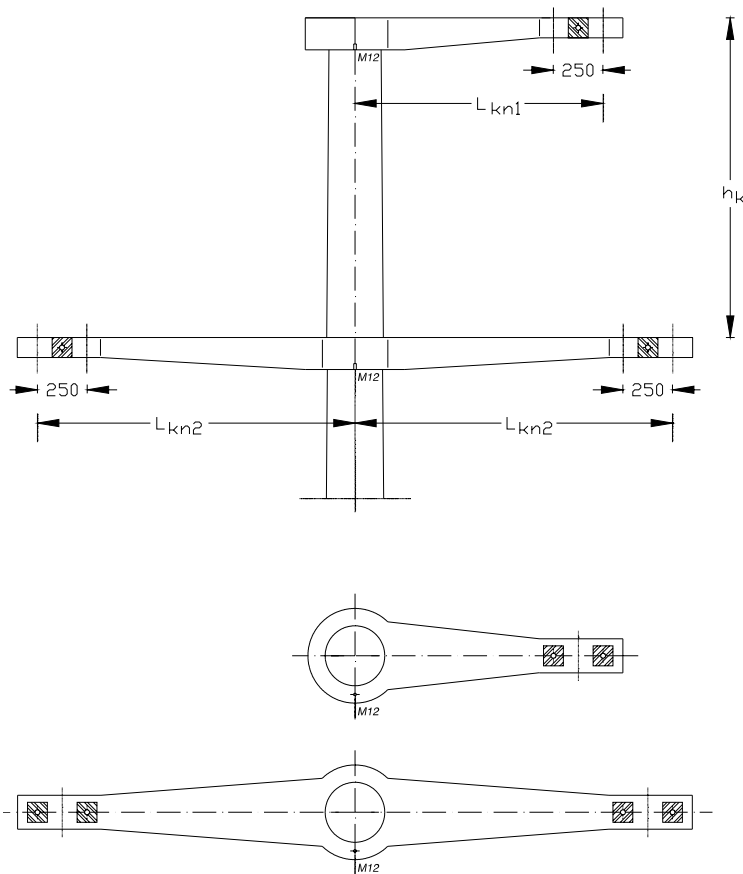
Размак  $h_k$  између горње и доње конзоле износи:  $h_k = 1,4 \text{ m}$  за вод 20 kV и  $h_k = 1,6 \text{ m}$  за вод 35 kV.

Типови конзола за носеће прихватање:

- ВКЈ1Н 80/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за вод 20 kV и ВКЈ1Н 125/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за вод 35 kV за горњу једнокраку конзолу;
- ВКЈ2Н 125/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за вод 20 kV и ВКЈ2Н 160/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за вод 35 kV за доњу двоукраку конзолу.

Типови конзола за затезно прихватање:

- ВКЈ1З 80/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за вод 20 kV и ВКЈ1З 125/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за вод 35 kV за горњу једнокраку конзолу;
- ВКЈ2З 125/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за вод 20 kV и ВКЈ2З 160/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за вод 35 kV за доњу двоукраку конзолу.



## Сл.7.8 Типске конзоле код полувертикалног распореда

7.9 Типско решење облика главе стуба за двосистемски вод 35 kV је "буре" распоред проводника, када се примењују изолаторски ланци или потпорни ("LSP") изолатори (сл.5.9.64), а састоји се од три двокраке конзоле за два проводника, и то:

- горња (темена) и доња конзола: тип ВКD2N 125/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за носеће прихватање и тип ВКD2Z 125/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за затезно прихватање;
- средња (дужа) конзола: тип ВКD2N 160/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за носеће прихватање и тип ВКD2Z 160/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за затезно прихватање.

Размак између суседних конзола износи:  $h_k = 1,6$  m.

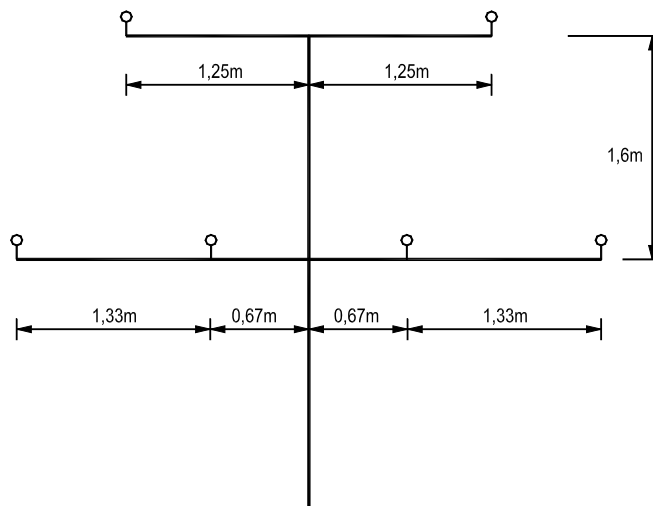
7.10 Решење облика главе стуба за двосистемски вод 35 kV са распоредом проводника у двоструки троугао ( $2 \times \Delta$ ) може да се користи за распоне до око 100 m, под условом да се примењују искључиво потпорни ("LSP") изолатори.

Састоји се од две двокраке конзоле (сл.7.10), и то:

- горња (темена) конзола: тип ВКD2N 125/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за носеће прихватање и тип ВКD2Z 125/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за затезно прихватање;
- доња (знатно дужа) конзола: тип ВКD2N 200/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за носеће прихватање и тип ВКD2Z 200/ $F_{nkV}/F_{nkH}$  за затезно прихватање.

Размак између конзола износи  $h_k = 1,6$  m.

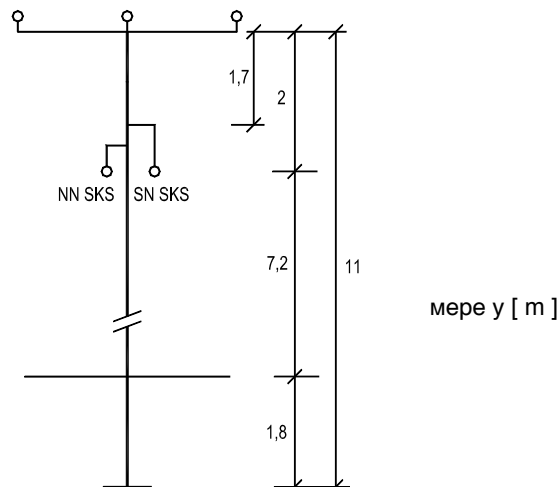
Хоризонтални размак између потпорних изолатора (проводника) на доњој конзоли износи 133 cm.



Сл.7.10 Димензије и распоред конзола за двосистемски вод 35 kV, распоред у двоструки троуглу ( $2 \times \Delta$ )

7.11 Типско решење облика главе стуба за вишесистемски (мешовит) вод 10 kV или 20 kV са кућним прикључцима, који се користи у насељеном месту, је:

- распоред алучеличних проводника: **хоризонтални** (сл.7.11);
  - тип конзоле за прихватање алучеличних проводника за вод 10 kV: **BKD3N 63<sup>\*</sup>/F<sub>нкв</sub>/F<sub>нкх</sub>** за носеће прихватање и тип **BKD3Z 63<sup>\*</sup>/F<sub>нкв</sub>/F<sub>нкх</sub>** за затезно прихватање;
  - тип конзоле за прихватање алучеличних проводника за вод 20 kV: **BKD3N 80/F<sub>нкв</sub>/F<sub>нкх</sub>** за носеће прихватање и тип **BKD3Z 80/F<sub>нкв</sub>/F<sub>нкх</sub>** за затезно прихватање;
  - конзоле за носеће и затезно прихватање СКС-а бирају се према тачки 6.2 ТП-8 и одговарајућим сликама у истој тачки, а монтирају се тако да **осе НН СКС-а или/и СН СКС-а буду на најмање 7,2 m изнад тла**, при чему **размак између ових конзола** и конзоле за прихватање алучеличних проводника СН вода мора да износи најмање **1,2 m за вод 10 kV и 1,5 m за вод 20 kV** (сл.7.11), тако да расположив простор за прихватање СКС-а, укључујући и кућне прикључке, износи 50 cm за 10 kV вод и 20 cm за 20 kV вод.
- \* - Напомена: у циљу опште типизације конзоле за прихватање алучеличних проводника мешовитог вода, може да се користи конзола дужине крака:  $L_{кн} = 80$  cm и за вод 10 kV.



Сл.7.11: Типски LN стуб мешовитог вода 10 kV или 20 kV

7.12 Код реконструкције нисконапонског (НН) вода изведеног са голим алучеличним проводницима, дозвољено је да се испод ових проводника на стуб монтира НН СКС и/или СН СКС, под следећим условима:

- резултантна вршна сила која потиче од свих водова на стубу није већа од номиналне силе стабла стуба;
- конзоле за носеће и затезно прихватање СКС-а се монтирају тако да осе НН СКС-а или/и СН СКС-а буду на најмање 7,2 m

изнад тла, при чему размак између ових конзола и конзоле за прихватање алучеличних проводника НН вода мора да износи најмање 1,2 м.

## 8 ОСНОВНИ ЗАХТЕВИ ЗА МОНТАЖУ НАДЗЕМНОГ СН ВОДА

### 8.1 Постављање и фундирање стубова:

**Пре монтаже стубова** надзорни орган и извођач радова морају да изврше тачно **обележавање стубних места** помоћу једног централног и два или четири помоћна кочића.

**Растојања између стубова** морају да одговарају дужинама распона из уздужног профила трасе вода, уколико не постоје оправдани разлози за одступање. Свако **одступање мора да одобри пројектант**, а већа одступања морају да буду третирана као пројектовање новог дела трасе вода.

Да би се одабрали темељи за стубове, **геолошки стручњак** треба да прегледа стубна места и изнесе своје **мишљење о носивости тла**.

**Избор темеља и темељење**, као и **монтажа и подизања бетонског стуба** (стабло опремљено везним елементима, конзолама итд.) врши се према ТП-10а.

**Монтажа опреме на глави стуба врши се пре подизања стуба.**

**Монтажа опремљеног стабла у бетонски темељ** са чашом може да се изврши после 7 дана, а **монтажа електричне опреме** 14 дана од дана бетонирања темеља.

**Након заливања опремљеног стабла у темељну чашу, стуб сме да се оптерети:**

- до 60% номиналне силе стабла после 7 дана;
- до 80% номиналне силе стабла после 14 дана;
- номиналном силом стабла после 28 дана.

**Сви подигнути стубови морају да буду вертикално монтирани**, што се проверава из два међусобно нормална правца.

**На праволинијском делу трасе стубови морају да буду у линији.**

### 8.2 Монтажа алучеличног проводника врши се у више фаза рада:

- **припремни радови** за развлачење проводника;
- **развлачење вучног** (помоћног) челичног **ужета**;
- **развлачење алучеличног проводника**;
- **израда спојева и наставака**;
- **затезање алучеличног проводника и дотеривање угиба**;
- **везивање проводника** за потпорне изолаторе или монтажа у носеће или затезне стезаљке, израда струјних мостова, монтажа механичких спојева и сигурносних стременова.

**Монтажа СКС-а** врши се према ТП-8.

### 8.3 Припремни радови за развлачење алучеличног проводника:

**Код транспорта**, алучелични проводник треба да буде намотан на калему (котуру).

**После истовара**, калем се поставља на постоље са осовином, тако да се одвијање проводника врши са горње стране калема.

**Калем треба да има ручну кочницу**, којом се спречава да при развлачењу проводник спадне на земљу и оштети се.

**У припремне радње за развлачење алучеличног проводника у једном затезном пољу спадају:**



- одређивање одговарајућег броја калемова са алучеличним проводником, њихов размештај и учвршћење;
- избор повољних места за постављање вучног и кочионог уређаја на деоницама трасе и њихово учвршћење;
- монтажа лестви (стабилних за вод 35 kV и помоћних за водове 10 kV и 20 kV) и друге опреме неопходне за приступ глави стуба;
- монтажа одговарајућих система котурача на сваком стубу;
- просецање шуме и сеча дрвећа (табела 9.1);
- монтажа одговарајућих заштитних конструкција на прелазима преко објеката, улица, пута, другог вода итд.;
- ручно развлачење и подизање вучног (помоћног) челичног ужета;
- спајање алучеличног проводника са вучним (помоћним) челичним ужетом, помоћу обртне спојнице и вучне чарапе.

#### 8.4 Развлачење алучеличног проводника:

**Алучелични проводник се развлачи** тако да је онемогућено његово механичко оштећење, као и да не буде изложен хемијским утицајима који би касније изазвали корозију челичних жица алучеличног проводника.

**Зато није дозвољено да се проводник развлачи:**

- директно по тлу или да струже по стубу;
- преко зидова, плотова, жичаних ограда, гомиле камења и сл.;
- преко свеже нађубрених њива или ливада.

**Развлачење проводника врши се преко система котурача.**

Приликом одвијања проводника мора да се обрати пажња на **квалитет проводника**, да је проводник добро подмазан и да су спојна места квалитетно заварена. Евентуални **оштећени део проводника мора да буде одмах одстрањен и проводник настављен** помоћу наставне спојнице (тачка 8.7).

Код распона дужине до 100 m развлачење алучеличног проводника може да се врши и људском радном снагом.

#### 8.5 Затезање алучеличног проводника:

**Затезање проводника** врши се за цело затезно поље **према израђеним таблицама за угиб**, у зависности од пресека проводника, температуре проводника у моменту монтаже (затезања), дужине распона, усвојених вредности за нормално додатно оптерећење и максимално радно (претпостављено) напрезање.

**Мерење температуре врши се помоћу прецизног термометра који се поставља на проводник који се затеже.**

Приликом развлачења и затезања проводника, **угаоно затезне стубове (конзоле) треба учврстити** ("анкерисати") уколико у суседном затезном пољу нема развучених и затегнутих проводника. **Учвршћење се изводи преко заставице на конзоли** са стране суседног затезног поља.

**Грубо затезање** проводника врши се ручно или затегом, док се **тачно затезање** врши помоћу тирфора.

### 8.5.1 Редослед радова при развлачењу и затезању проводника:

После завршене операције развлачења алучеличног проводника преко система котурача, а пре него што отпочне затезање, учвршћују се проводници на затезном стубу који се налази на почетку затезног поља: на проводник се монтира затезна стезаљка која се учвршћује за изолаторски ланац на конзоли стуба.

Следећа операција је **предзатезање алучеличног проводника** силом која је за око 15% већа од силе која се јавља при максималном радном напрезању  $\sigma_{mp}$  (тачка 6.4), а подешава се на динамометру. Приближно исти ефекат се добија ако се затезање врши све док се у посматраном распону не постигне угиб који по вредности одговара 85% угиба који се остварује на температури  $-20^{\circ}C$  без обледа (види пример 5.а у Прилогу).

**Алучелични проводник се држи у преднапрегнутом стању око један сат, за које време се постиже стабилизација проводника. Затим се врши опуштање проводника тако да се у сваком распону постигне угиб који приближно одговара прорачунатој вредности за температуру при којој се обавља затезање. Тако развучен и затегнут проводник остаје на котурачама 24 сата, за које време се спонтано уједначавају напрезања проводника на котурачама у распонима при дневним и ноћним температурама.**

Наредног дана врши се **прецизно затезање и подешавање угиба по распонима** према тачки 8.5.2, затим се врши **прецизно обележавање места (са тачношћу: 1 cm) и монтажа затезне стезаљке** (тачка 8.8.3) и **учвршћење проводника на изолаторске ланце затезног стуба и на другом крају затезног поља.**

**На крају се врши пребацивање проводника са котурача на носећу стезаљку или на врат или главу потпорног изолатора и везивање (учвршћивање) проводника.**

Тиме је завршен поступак развлачења и затезања проводника у затезном пољу, а било какве накнадне промене угиба и/или затезања по распонима нису више могуће без великих накнадних радова и трошкова. Због тога **цео поступак затезања проводника и подешавања угиба мора да се изведе са великом технолошком дисциплином.**

### 8.5.2 Подешавање и контрола угиба:

**Ако се у затезном пољу користи појединачно затезање проводника и подешавање угиба**, оно се изводи на следећи начин: проводник се затеже све док се у првом распону не постигне вредност прорачунатог угиба за тај распон. После учвршћења проводника, наставља се са затезањем док се у наредном распону не постигне вредност прорачунатог угиба за тај распон, и тако до последњег распона.

**Ако се у затезном пољу користи подешавање угиба помоћу идеалног распона**, оно се изводи тако да се у свим распонима затезног поља имају иста хоризонтална напрезања проводника. То

се постиже тако што се у једном, слободно изабраном распону између LN стубова, врши затезање проводника све док се не постигне вредност угиба за тај распон, прорачуната на основу дужине идеалног распона (тачка 5.8). На тај начин је завршено подешавање угиба у читавом затезном пољу. После учвршћења проводника, **изолаторски ланци на носећим стубовима морају да стоје вертикално.**

**Контрола и подешавање угиба проводника у распону врши се визирањем**, помоћу летви (маркера) које се учвршћују хоризонтално на суседне стубове на удаљењу  $L_{ie}$ :

$$L_{ie} = f \pm \frac{L_{ilu1} + L_{ilu2}}{2}$$

где је:

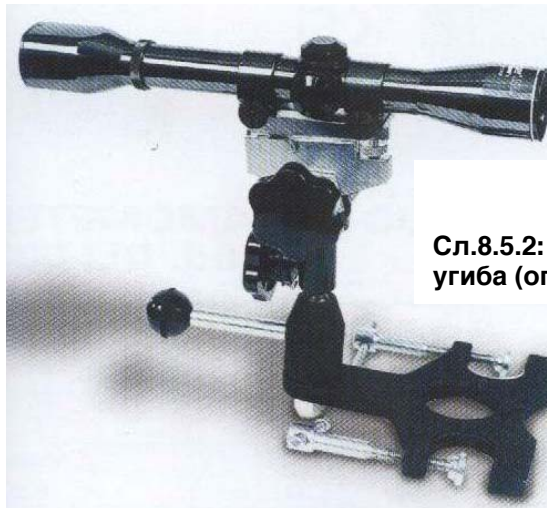
$L_{ie}$  - удаљење летве од конзоле на коју се монтира проводник, у [m];  
 $f$  - угиб у средини распона при температури на којој се затеже проводник (код косог распона се рачуна угиб  $f_k$ , сл.8.6.6), у [m];

$L_{ilu1}$ ;  $L_{ilu2}$  - дужина изолаторског ланца (са предзнаком "+") или потпорног изолатора (са предзнаком "-") на суседним стубовима, у [m].

За стуб са затезним прихватањем је:  $L_{ilu1} = 0$  или  $L_{ilu2} = 0$ , због приближно хоризонталног положаја затезног изолаторског ланца. Исто важи и за хоризонтално монтиране потпорне изолаторе. За стуб са носећим прихватањем вредности  $L_{ilu1}$  и  $L_{ilu2}$  се усвајају према табелама Пр.6.2в и Пр.7.а1 у Прилогу.

**На хоризонтално учвршћене летве се обележе тачке које одговарају положају алучеличних проводника. Затезање се врши све док се не покlope обележене тачке на летвама са најнижом тачком ланчанице проводника у распону.**

Код распона већих дужина препоручује се **коришћење дурбина за визирање угиба (примена оптичког нишана)**, сл.8.5.2.



Сл.8.5.2: Дурбин за визирање угиба (оптички нишан)

### 8.6 Везивање (учвршћење) алучеличног проводника:

Носеће прихватање и учвршћење алучеличних проводника на потпорне ("LSP") изолаторе врши се коришћењем везова према ТП-2а3. Међутим, за водове 35 kV користе се и потпорни изолатори са арматуром и одговарајућом носећом стезаљком, тачка 8.8.2.

Прихватање и учвршћење проводника на изолаторске ланце врши се преко носећих или затезних стезаљки.

### 8.7 Настављање алучеличног проводника или носећег челичног ужета код СН СКС-а врши се у распону.

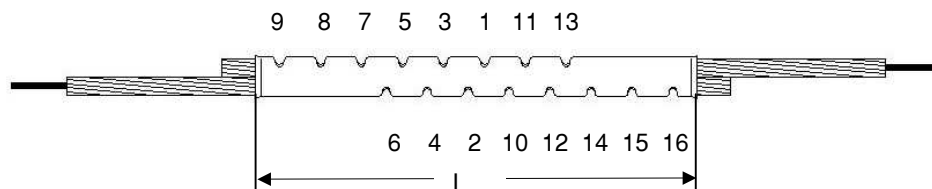
За настављање алучеличног проводника користи се наставна зарезна спојница или наставна компресиона спојница, које служе да се обезбеди механички и електрични континуитет алучеличних проводника. Пре спајања, оксид на жицама алуминијума са спољашње површине проводника скида се финожичном четком или шмирглом гранулације 200 до 300. Спајање се изводи уз присуство мазиве пасте.

За настављање челичног носећег ужета код СН СКС-а користи се наставна компресиона спојница за челично уже.

#### 8.7.1 Наставна зарезна спојница за алучелични проводник је овална алуминијумска цев у коју се увуку крајеви проводника (сл.8.7.1). Између Al/ч проводника се поставља Al трака дебљине 2 mm.

Спој проводника постиже се утискивањем више зареза на тачно предвиђеним местима на цеви, помоћу посебних зарезних клешта.

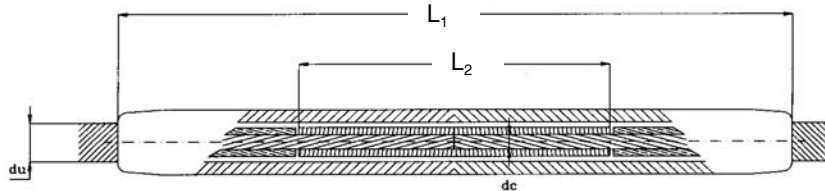
Утискивање зареза почиње од средине цеви према једном, а затим према другом крају, при чему зарез на крају цеви мора да буде са стране проводника који за неки сантиметар вири из цеви.



$S_u$ [ mm <sup>2</sup> ]	Дужина цеви L [ mm ]	Број зареза	Унутрашње мере цеви: a [mm] x b [mm]	Дебљина зида цеви [mm]
Al/ч 50/8	384	16	10,5 x 22	2,0
Al/ч 70/12	468		12,5 x 26	
Al/ч 95/15	658	20	15,0 x 31	2,5

Сл.8.7.1 Наставна зарезна спојница за алучелик

8.7.2 **Наставна компресиона спојница за алучелични проводник** се састоји од две цевчице: алуминијумске и челичне (сл.8.7.2). Најпре се у челичну цевчицу увлаче припремљени крајеви челичног језгра и пресују помоћу одговарајућег улошка хидрауличне пресе. Преко пресоване челичне цевчице навлачи се алуминијумска цевчица и пресује помоћу одговарајућег улошка хидрауличне пресе.

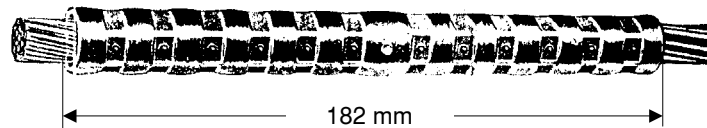


Al/č проводник			Компресиона наставна спојница			
$S_u$ [mm <sup>2</sup> ]	$d_u$ [mm]	$d_c$ [mm]	Al цевчица		č цевчица	
			$L_1$ [mm]	$d_1$ [mm]	$L_2$ [mm]	$d_2$ [mm]
50/8	9,6	3,20	270	16,0	95	7,5
70/12	11,7	4,32		18,5		9,5
95/15	13,6	5,01	310	22,5		9,6

$L_1 / d_1$  - дужина / пречник Al цевчице;  $d_u$  - спољашњи пречник Al/č проводника;  
 $L_2 / d_2$  - дужина / пречник č цевчице;  $d_c$  - спољашњи пречник челичног језгра.

Сл.8.7.2 Наставна компресиона спојница за алучелик

8.7.3 **Наставна компресиона спојница за челично уже** (сл.8.7.3) служи да обезбеди механички континуитет носећег челичног ужета код СН СКС-а. У челичну цевчицу се увлаче припремљени крајеви челичног ужета, и уз присуство мазиве пасте пресују помоћу одговарајућег улошка хидрауличне пресе. Преко пресоване цевчине навлачи се топлоскупљајућа цевчица.



Сл.8.7.3 Наставна спојница за носеће челично уже СН СКС-а

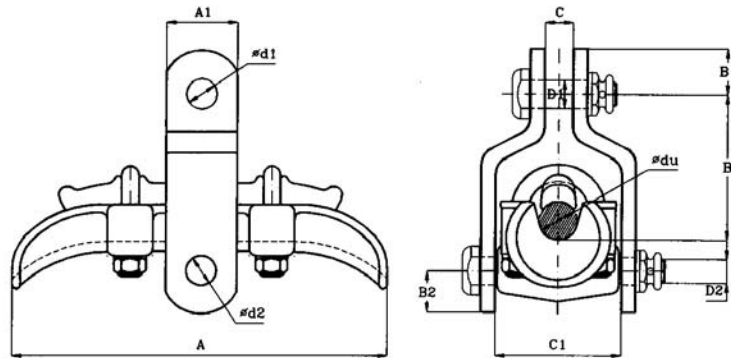
8.7.4 Ако се на развученом алучеличном проводнику уоче оштећења алуминијумских жица алучеличног проводника, али да је челично језгро остало неоштећено, врши се **поправка оштећеног проводника помоћу наставне компресионе спојнице за поправку**, која се састоји од два дела који после преклапања чине једну целину у облику цевчице, која се пресује.

8.8 **Стезаљке за алучеличне проводнике:**

На изолаторским ланцима се користе стезаљке за носеће или затезно прихватање алучеличних проводника.

На потпорним ("LSP") изолаторима могу да се користе и стезаљке за носеће прихватање алучеличних проводника.

8.8.1 **Носећа стезаљка за изолаторски ланац** (сл.8.8.1) служи да се алуцелични проводник прихвати на носећу опрему изолаторског ланца и може да се клати око хоризонталне осе нормалне на осу проводника. Састоји се од тела стезаљке и поклопца, а причвршћење проводника врши се момент кључем.



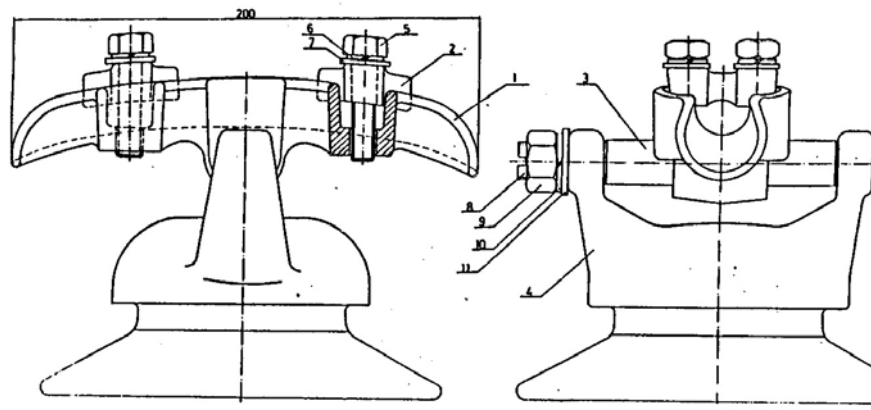
A	A1	B	B1; B2	C	C1	d1; d2	D1; D2	F <sub>km</sub>
200	42	95	24	20	60	17,5	16	70
F <sub>km</sub> [ kN ] - минимална сила кидања; мере у [ mm ]								

**Сл.8.8.1 Носећа стезаљка за изолаторски ланац**

8.8.2 **Носећа клатећа стезаљка за изолатор типа "викинг" или типа "носорог"** служи да се алуцелични проводник прихвати на потпорни изолатор, преко носеће клатеће стезаљке у зависности од тога да ли је монтажа потпорног изолатора у вертикалном или хоризонталном положају.

**Примена ових стезаљки**, као квалитетнија алтернатива примени везова, **препоручује се за водове 35 kV.**

**Минимална сила кидања** стезаљке мора да износи: F<sub>km</sub> = 12,5 kN.

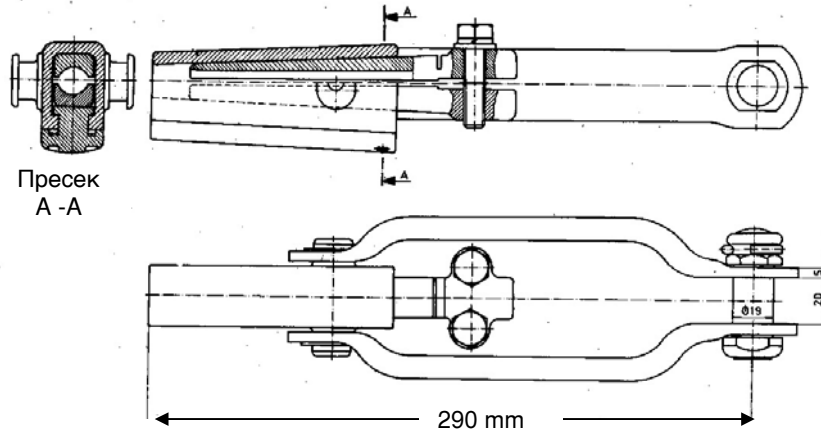


1 корито стезаљке; 2 поклопац; 3 трн; 4 потпорни изолатор

**Сл.8.8.2 Носећа клатећа стезаљка за потпорни изолатор**

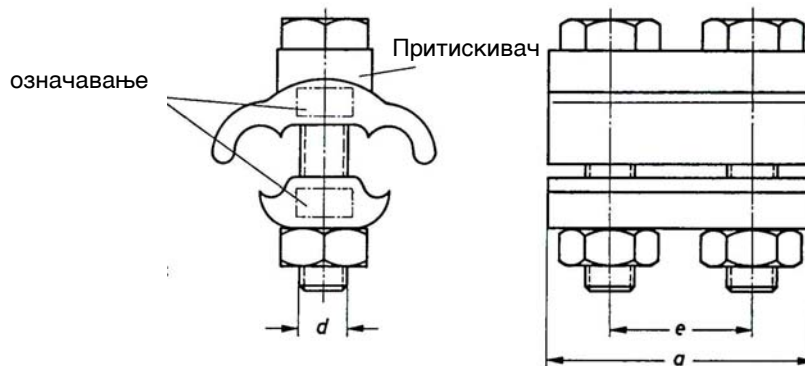
8.8.3 **Затезна стезаљка** служи да се алучелични проводник прихвати на затезну опрему изолаторског ланца и мора да издржи механичко напрезање алучеличног проводника.

На сл.8.8.3 дата је **затезна клинаста стезаљка**, која се састоји од кућишта кога чине корито и поклопац, и два полуклина који се спајају завртњима момент кључем.



**Сл.8.8.3 Затезна клинаста стезаљка**

8.8.4 **Струјна стезаљка за одвајање алучеличног проводника** (сл.8.8.4) служи за прикључење огранка на главни надземни вод. Спој се остварује притиском помоћу завртања.



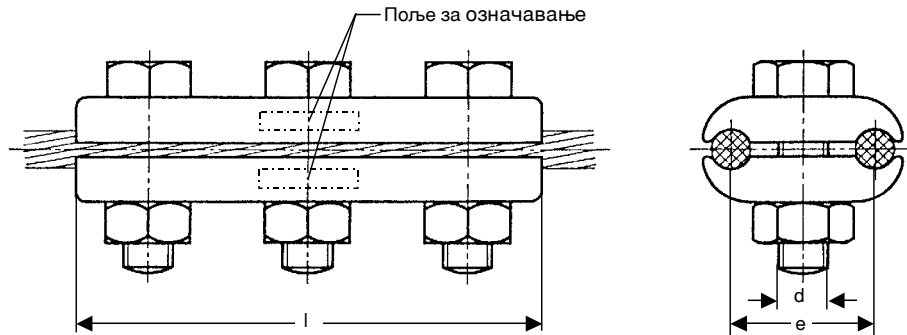
Ознака	a	e	завртањ		назначени пресек проводника mm <sup>2</sup>
	mm	mm	d	број	
<b>AI 95</b>	82	27	M8	2	16-70 AI/Ѓ
<b>AI 150</b>	92	31	M10	3	25-125 AI/Ѓ

**Сл.8.8.4 Струјна стезаљка за одвајање проводника**

8.8.5 **Струјна стезаљка за израду мостова** (сл.8.8.5) служи за израду разрешивог споја између затезних изолаторских ланаца, при чему

се **обавезно** користе **две стезаљке по мосту**. Спој се остварује притиском помоћу завртања, чиме се постиже електрични спој, без могућности механичког оптерећења.

Није дозвољено постављање ових стезаљки у распонима.



e	l	завртањ		опсег пречника проводника mm
		d	број завртњева	
mm	mm	mm		
25	65	M10	2	8,2 до 10,2
28	90		3	12,6 до 14,9

Сл.8.8.5: Струјна стезаљка за израду мостова

## 9 ПРИБЛИЖАВАЊЕ, ПРЕЛАЗАК И УКРШТАЊЕ НАДЗЕМНОГ СН ВОДА СА ДРУГИМ ОБЈЕКТИМА

9.1 У табели 9.1 су, у складу са ПТН ВН, дати **подаци о најчешћим случајевима приближавања, преласка и укрштања надземног СН вода са другим објектима**: сигурносне висине  $h_{sv}$ , сигурносне удаљености  $D_{su}$ , случајеви где се тражи појачана електрична и механичка изолација вода, као и посебни захтеви за поједине специфичне случајеве укрштања.

9.2 **Угао укрштања трасе вода са трасом других објеката треба да износи, по могућству, око 90°, али најмање:**

- 45° код укрштања са железничком пругом или са телекомуникационим водом - у оба случаја угао укрштања може изузетно да се смањи до 30°;
- 30° код укрштања са магистралним путем, аутопутем, путем у густо насељеном месту, пловном реком и каналом, гасоводом, нафтоводом и пароводом, трамвајем и тролејбусом;
- 20° код укрштања са регионалним путем.

9.3 Код укрштања трасе вода са железничком пругом, магистралним путем, аутопутем, путем у густо насељеном месту, пловном реком и каналом, у прелазном распону није дозвољено настављање проводника и заштитног ужета. Код укрштања са путем у густо насељеном месту, у суседним распонима је дозвољено само једно спојно место по проводнику.



9.4 **Не препоручује се прелазак надземног вода** преко гробља, пијаце, вашаришта и спортског игралишта.

9.5 **Ако се једносистемски вод 10 kV или 20 kV претвара у мешовит вод** додавањем једног или два СКС-а, треба:

- доказати да резултантна хоризонтална вршна сила стабла стуба мешовитог вода не прелази вредност номиналне силе стабла;
- доказати да су задовољени сигурносни размаци  $h_{sv}$  између алу-челичних проводника и СКС-а у глави стуба (тачка 7.11);
- у распон дужине  $a > 45$  m постојећег једносистемског вода треба уметнути један или два LN стуба тако да дужине распона мешовитог вода не прелазе 40 m - дужину стабла, номиналну силу и остале параметре уметнутих стубова треба одабрати тако да се и на њима врши прихватање постојећих алу-челичних проводника, новог СКС-а и кућних прикључака.

9.6 **Код вођења вода преко стамбене зграде**, сигурносна висина:

$h_{sv} \geq 3$  m треба да буде испуњена и када у распону укрштања има додатног оптерећења, а у суседним распонима га нема.

На основу дугогодишњег искуства у ЕД Србије и обављених прорачуна, овај захтев је испуњен ако вредност висинске разлике  $\Delta h_{tp}$  [m] коте тачке прихватања проводника на стубовима прелазног распона и коте најближег дела зграде испод проводника износи:

- $\Delta h_{tp} \geq (3 + f_m)$  ако се у прелазном распону користе **стубови за затезно прихватање проводника или стубови за носеће прихватање са потпорним ("LSP") изолаторима;**
- $\Delta h_{tp} \geq (3 + f_{pr})$  ако се у прелазном распону користе **стубови за носеће прихватање проводника са изолаторским ланцима.**

Вредности угиба  $f_m$  и  $f_{pr}$  дати су у табела 9.6.б.

**Не препоручује се извођење прелаза вода преко стамбене зграде** ако је пресек проводника  $S_u < 70/12 \text{ mm}^2$  и/или ако је максимално радно напрезање проводника  $\sigma_{mp} < 7 \text{ daN/mm}^2$ .

Табела 9.6.б: Угиби у прелазном распону при прелазу надземног вода преко стамбене зграде

$h_{sv} \geq 3 \text{ m}; N_{do} = 1,6 \cdot g$					
a [m]	Al/ĉ 95/15			Al/ĉ 70/12	
	$\sigma_{mp}$ [daN/mm <sup>2</sup> ]	$f_m$ [m]	$f_{pr}$ [m]	$f_m$ [m]	$f_{pr}$ [m]
80	9	1,17	1,36	1,39	1,61
	7	1,51	1,86	1,78	2,28
100	9	1,83	2,2	2,17	2,7
	7	2,35	3,0	2,79	3,64
120	9	2,63	3,27	3,12	3,99
	7	3,39	4,4	4,01	5,33
150	9	4,12	5,26	4,88	6,4
	7	5,29	6,99	6,27	8,44

$f_m$  - максимални угиб проводника у прелазном распону, без отклона изолаторских ланаца;  $h_{sv}$  - сигурносна висина изнад зграде;  
 $f_{pr}$  - угиб проводника у прелазном распону на  $-5^\circ\text{C}$ +облед, са отклоном изолаторских ланаца.

**Ако је дужина прелазног распона:  $a_{pr} > 150 \text{ m}$ , или ако је додатно оптерећење:  $N_{do} > 1,6 \cdot g$ , неопходан је посебан прорачун.**

- 9.7 **Код укрштања вода са железничком пругом или аутопутем, са обе стране треба користити стубове са затезним прихватањем. Номинална сила стубова у прелазном распону бира се према сили затезања свих проводника у прелазном распону (као код "К" стуба). Прорачун угиба и сигурносне висине врши се у односу на вредност нормалног додатног оптерећења  $N_{do}$  (тачка 6.7) и усвојеног максималног радног напрезања  $\sigma_{mp}$  у прелазном распону (тачка 6.4.а). При троструком додатном оптерећењу, напрезање проводника у прелазном распону не сме да буде веће  $24,5 \text{ daN/mm}^2$ .**

## 10 ПАКОВАЊЕ, ТРАНСПОРТ И СКЛАДИШТЕЊЕ АЛУЧЕЛИЧНИХ ПРОВОДНИКА

- 10.1 **Алучелични проводник се транспортује на калемовима (JUS N.CO.505).**  
Изузетно, краће дужине алучеличних проводника могу да се транспортују у намотаним катурима.  
Спољашњи слој проводника на калему треба да буде прекривен хемијски неутралним материјалом и заштићен од механичких оштећења. Ако је овај заштитни слој изведен оплатом, између те оплате и спољашњег слоја мора да постоји размак од око 10 cm.  
**Калем мора да има таблицу са следећим минималним подацима:**
- ознака произвођача;
  - ознака и дужина проводника;
  - тежина проводника и укупна тежина са калемом;
  - ознаке стандарда по којима је проводник произведен и испитан.
- 10.2 **Транспорт калема** са проводником врши се одговарајућим камионским превозом или помоћу посебног прикључног возила за транспорт. Калем мора да се постави у вертикалан положај и да се помоћу одговарајућих подметача осигура од спонтаног покретања.
- 10.3 За **истовар калема** користи се дизалица, виљушкар, рампа итд.
- 10.4 **Котрљање дрвених калемова** није дозвољено, осим на краћим деоницама (на пример при истовару). Котрљање је дозвољено само у правцу стрелице на спољашњој страни калема.
- 10.5 За **одмотавање проводника**, калем треба да се подигне на чврсти сталак. Проводник се одмотава равномерним повлачењем са горње стране, тако да је **смер одмотавања** супротан од смера стрелице на спољашњој страни калема.
- 10.6 **Складиштење** калема са алучеличним проводником врши се на покривеном сувом простору. Код дуготрајног складиштења на отвореном простору калем треба да се подигне на дрвено постоље и да се заштити неким материјалом непропусним за кишу.  
Дозвољено је краткотрајно складиштење на отвореном простору, на пример при монтажи, ако је мотање проводника и његова заштита на калему изведена у складу са тачком 10.1.

Табела 9.1: Приближавање и прелазак надземног вода преко објеката

Објекат	$h_{sv}$ [m]	$D_{su}$ [m]	Појачана изолација	
1 Неприступачна места: гудуре, мочваре итд.	4	3		
2 Места неприступачна за возила	5	4		
3 Места приступачна возилима	6	5		
4 Неприступачни део зграде: кров, димњак итд.	3	3	E, M <sup>4)</sup>	
5 Приступачни део зграде: тераса, балкон итд.	5	4	E, M <sup>5)</sup>	
6 Зграде са запаљивим кровом	12	5	E, M	
7 Зграде са запаљивим материјалом	X	$\geq 15$ <sup>7)</sup>	E	
8 Насељена места	7			
9 Густо насељена места, градске улице <sup>9)</sup>	7		E, M <sup>9)</sup>	
10 Шуме и дрвеће		3		
11 Пут: регионални, локални, за индустрију	7	10; 5*	E	
12 Магистрални пут	7	20; 10*	E, M	
13 Аутопут <sup>13)</sup>	7	40; 10*		
14 Нисконапонски вод <sup>14)</sup>	2,5	2		
15 Високонапонски вод <sup>15)</sup>	110 kV	2,5	1	E
	220 kV	3,25	1,75	
	400 kV	4,5	3	
16 Телекомуникациони надземни вод <sup>16)</sup>	2,5		E, M	
17 Јавна купалишта и кампинзи		X		
18 Неелектрифициране железничке пруге <sup>18)</sup>	7	10	M	
19 Електрифициране железничке пруге <sup>19)</sup>	12	15		
20 Сплавне реке	7		E	
21 Пловне реке и канали <sup>21)</sup>	15	10(6) <sup>21)</sup>	E, M	
22 Гасоводи, нафтоводи, пароводи (надземно) <sup>22)</sup>	8			
23 Паркиралишта и аутобуска стајалишта	7	5		
24 Трамваји и тролејбуси		3		
25 Школе, обданишта и сличне дечје установе		X		
26 Антене предајних и пријемних станица		X		
$h_{sv}$ - сигурносна висина; $D_{su}$ - сигурносна удаљеност; * - изузетно. E - појачана електрична изолација вода; M - појачана механ. изолација вода; X - забрањен прелаз преко објекта;				
<sup>4) и 5)</sup> : M се односи само на стамбене зграде; <sup>7)</sup> : хоризонтална сигурносна удаљеност једнака је висини стуба увећаној за 3 m, али најмање 15 m; <sup>9)</sup> : M се односи само на места укрштања са улицом или путем; <sup>13)</sup> : при паралелном вођењу на дужини већој од 5 km удаљеност до ивице пута мора да износи најмање 50 m; <sup>14)</sup> : ВН вод је обавезно изнад НН вода; <sup>15)</sup> : вод вишег напона је обавезно изнад електроенергетског вода нижег напона; вредности за $h_{sv}$ и $D_{su}$ морају да буду постигнуте и под условом да на горњем воду има додатног оптерећења, а на доњем га нема - исти услов служи и за проверавање максималног отклона проводника доњег вода; <sup>16), 18) и 19)</sup> : остали захтеви према ПТН ВН; <sup>21)</sup> : хоризонтална удаљеност било ког дела стуба је 10 m до обале и 6 m до стопе насипа; при паралелном вођењу на дужини већој од 5 km удаљеност до ивице обале или насипа мора да износи најмање 50 m; <sup>22)</sup> : хоризонт. сигурносна удаљеност једнака је висини стуба увећаној за 3 m.				

## 11 ДОЗВОЉЕНО СТРУЈНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ НАДЗЕМНОГ ВОДА

11.1 Струјно оптерећење надземног вода изведеног алучеличним проводницима треба да буде ограничено тако да произведена топлота буде одведена у околину и да се у нормалном раду не прекорачи трајно дозвољена температура проводника од  $\theta_p = 80^\circ\text{C}$ .

11.2 Дозвољено струјно оптерећење надземног вода изведеног алучеличним проводницима прорачунава се према изразу:

$$I_{\text{doz}} = k_{\text{op}} \cdot k_{\theta_v} \cdot k_v \cdot k_{\text{sz}} \cdot I_{\text{nd}}$$

где је:

$I_{\text{doz}}$  = дозвољено струјно оптерећење вода, у амперима [А];

$k_{\text{op}}$  = сачинилац промене дозвољеног струјног оптерећења вода од фактора оптерећења  $m$ , и за надземне водове износи:  $k_{\text{op}} = 1$ ;

$k_{\theta_v}$  = сачинилац промене дозвољеног струјног оптерећења вода од температуре ваздуха  $\theta_v$ , и у опсегу  $0^\circ\text{C} \leq \theta_v \leq +40^\circ\text{C}$  прорачунава се према изразу:  $k_{\theta_v} = 1 + 0,009 \cdot (40 - \theta_v)$ ;

$k_v$  = сачинилац промене дозвољеног струјног оптерећења вода од брзине ветра  $v$ , и усваја се према тачки 11.3 и табели 11.3;

$k_{\text{sz}}$  = сачинилац промене дозвољеног струјног оптерећења вода који се усваја према тачки 11.4, и има вредност  $k_{\text{sz}} = 1$  ако је вод изложен директном сунчевом зрачењу, односно има вредности које су дате у табели 11.3 ако вод није изложен директном сунчевом зрачењу;

$I_{\text{nd}}$  = назначена вредност дозвољеног струјног оптерећења вода у амперима [А], која се узима из табеле 11.5 за референтне услове који су дати у истој табели, и односе се на случај када је вод изложен директном сунчевом зрачењу.

11.3 Сачинилац промене дозвољеног струјног оптерећења  $k_v$  надземног вода од брзине ветра  $v$  у опсегу  $0 \text{ m/s} \leq v \leq 6 \text{ m/s}$  има вредности

- за потребе планирања развоја дистрибутивног конзума:  $k_v = 1,191$  што одговара брзини ветра од  $v = 0,6 \text{ m/s}$ ;
- за потребе оперативне енергетике дистрибутивног конзума: према табели 11.3.

Табела 11.3: Сачиниоци промене дозвољеног струјног оптерећења због ветра  $k_v$  и утицаја директног сунчевог зрачења  $k_{\text{sz}}$

$v$ [m/s]		0	0,6	1	2	3	4	5	6
Al/č	$k_v$	1	<b>1,191</b>	1,295	1,459	1,567	1,648	1,713	1,799
	$k_{\text{sz}}$	1,291	<b>1,180</b>	1,146	1,109	1,092	1,083	1,076	1,068
<b><math>k_{\text{sz}} = 1</math> ако је вод изложен директном сунчевом зрачењу</b>									

11.4 Сачинилац промене дозвољеног струјног оптерећења надземног вода због утицаја директног сунчевог зрачења  $k_{\text{sz}}$  сложена је функција брзине ветра  $v$  и у опсегу  $0 \text{ m/s} \leq v \leq 6 \text{ m/s}$  има вредности

- за потребе планирања развоја дистрибутивног конзума:

- $k_{sz} = 1,18$  што одговара брзини ветра од  $v = 0,6$  m/s;
- за потребе оперативне енергетике дистрибутивног конзума: према табели 11.3;
- $k_{sz} = 1$  у свим случајевима када је надземни вод изложен директном сунчевом зрачењу:
  - случај константног (индустријског) оптерећења;
  - за потребе оперативне енергетике дистрибутивног конзума у летњим месецима (јун - септембар).

11.5 У табели 11.5 дати су подаци о дозвољеним струјним оптерећењима надземних водова изведених алучеличним проводницима, и то назначене вредности  $I_{nd}$  које одговарају стандардним условима из тачке 4.2 и максимално дозвољене вредности  $I_{dozz}$  у зимском периоду које одговарају амбијентним условима из тачке 4.3, при чему однос ових струја износи:  $I_{dozz} \approx 1,9 \cdot I_{nd}$ .

Табела 11.5: Дозвољена струјна оптерећења (снаге) надземних водова у зимском периоду

Назначени пресек алучеличног проводника [mm <sup>2</sup> ]	$I_{nd}$ [A]	$I_{dozz}$ [A]	$S_{dozz}$ [MVA]		
			10 kV	20 kV	35 kV
50/8	170	323	5,6	11,2	19,6
70/12	235	447	7,7	15,5	27,0
95/15	290	550	9,5	19	33,0
$\theta_p = 80^\circ\text{C}; k_{op} = 1$					
$I_{nd}$ - назначена вредност дозвољеног струјног оптерећења за $\theta_v = 40^\circ\text{C}; v = 0$ m/s; директно сунчево зрачење					
$I_{dozz}$ - дозвољено струјно оптерећење у зимском периоду за $\theta_v = 0^\circ\text{C}; v = 0,6$ m/s; без директног сунчевог зрачења.					

11.6 У табели 11.6 дати су подаци о дозвољеним струјним оптерећењима водова изведених алучеличним проводницима у летњем периоду, које одговарају амбијентним условима датим у истој табели, при чему важи приближан однос:  $I_{dozL} \approx 1,3 \cdot I_{nd} \approx 0,68 \cdot I_{dozz}$ .

Табела 11.6: Дозвољена струјна оптерећења (снаге) надземних водова у летњем периоду

Назначени пресек алучеличног проводника [mm <sup>2</sup> ]	$I_{nd}$ [A]	$I_{dozL}$ [A]	$S_{dozL}$ [MVA]		
			10 kV	20 kV	35 kV
50/8	170	220	3,8	7,6	13,3
70/12	235	305	5,3	10,6	18,5
95/15	290	377	6,5	13	22,8
$\theta_p = 80^\circ\text{C}; k_{op} = 1$					
$I_{nd}$ - назначена вредност дозвољеног струјног оптерећења за $\theta_v = 40^\circ\text{C}; v = 0$ m/s; директно сунчево зрачење					
$I_{dozL}$ - дозвољено струјно оптерећење у летњем периоду за $\theta_v = 30^\circ\text{C}; v = 0,6$ m/s; директно сунчево зрачење.					

11.7 **Дозвољено струјно оптерећење надземног вода изведеног СКС-ом врши се према ТП-8.**

**Пример: Прорачун дозвољеног струјног оптерећења надземног вода изведеног алучеличним проводницима**

*Коју снагу, у нашим условима, може да пренесе:*

- а) Надземни Ал/с вод уочи Нове године (време максималног годишњег оптерећења дистрибутивног конзума);**  
**б) Надземни Ал/с вод у летњим месецима?**

**Решење:**

**а)** Фактор оптерећења  $m$ , као однос средњег и максималног оптерећења, код надземних водова износи:  $m = 1$ , независно да ли је реч о сталном (индустријском) или променљивом (дистрибутивном) оптерећењу, па и сачинилац  $k_{op}$  износи:  $k_{op} = 1$ .

У нашим условима је уочи Нове године температура ваздуха  $\theta_v \leq 0^\circ\text{C}$ , док је брзина ветра сигурно:  $v \geq 0,6 \text{ m/s}$ , па одговарајући сачиниоци промене дозвољених струјних оптерећења према тачкама 11.2 и 11.3 изnose:

$$k_{\theta v} = 1 + 0,009 \cdot (40 - \theta_v) = 1 + 0,009 \cdot (40 - 0) = 1,36$$

$$k_v = 1,191.$$

**У време максималног годишњег дистрибутивног оптерећења (зимски период) надземни вод није изложен утицају директног сунчевог зрачења и тада је  $k_{sz} > 1$ , сложена је функција брзине ветра и креће се од  $k_{sz} = 1,291$  у случају да нема ветра ( $v = 0 \text{ m/s}$ ) до  $k_{sz} = 1,076$  за  $v = 5 \text{ m/s}$  и за потребе оперативне енергетике овај сачинилац може да се добије из табеле 11.3. За потребе планирања дистрибутивног конзума усвојили смо брзину ветра  $v = 0,6 \text{ m/s}$  и тада је  $k_{sz} = 1,180$ .**

Према томе, **дозвољено струјно оптерећење у зимском периоду** биће:

$$I_{dozZ} = k_{op} \cdot k_{\theta v} \cdot k_v \cdot k_{zs} \cdot I_{nd} = 1 \cdot 1,36 \cdot 1,191 \cdot 1,18 \cdot I_{nd} \approx 1,9 \cdot I_{nd}$$

где је  $I_{nd}$  назначена вредност дозвољеног струјног оптерећења вода, табела 11.5, за амбијентне услове из исте табеле ( $\theta_v = 40^\circ\text{C}$ , без ветра и са директним сунчевим зрачењем).

На пример: надземни вод 35 kV Ал/с 3x95/15 може у зимском периоду (уочи Нове године) да се оптерети:

$$I_{dozZ} = 1,9 \cdot I_{nd} = 1,9 \cdot 290 = 550 \text{ A } (\approx 33 \text{ MVA}),$$

што значи да овај вод може у време максималног годишњег оптерећења дистрибутивног конзума да напаја 2 ТС 35/10 kV снаге 2x(2x8 MVA), или 3 ТС 35/10 kV снаге: 2x(2x4 MVA) + 1x(2x8 MVA) (тачка 8.2 у ТП-14а).

Резултати прорачуна за вредности типских пресека алучеличних проводника дати су у табели 11.5.

б) Познавање података о дозвољеном струјном оптерећењу надземног вода у летњим месецима добија на значају ако се уважи све присутнија чињеница веће примене уређаја за расхлађивање стамбених просторија, затим при резервирању оптерећења због кварова, ремонта итд.

Средња дневна температура у летњим месецима за подручје Србије износи  $\theta_v \leq 30^\circ\text{C}$ , док **и у летњим месецима може да се рачуна да брзина ветра износи:  $v = 0,6 \text{ m/s}$** , па сачиниоци промене дозвољених струјних оптерећења у летњим месецима према тачкама 11.2 и 11.3 износе:

$$k_{\theta v} = 1,09; k_v = 1,191.$$

**У летњем периоду** (јун - септембар) треба рачунати да је надземни вод изложен директном сунчевом зрачењу, па **усвајамо:  $k_{sz} = 1$** .

Према томе, **дозвољено струјно оптерећење надземног вода изведеног алучеличним проводницима у летњем периоду износи:**

$$I_{\text{dozL}} = k_{\text{op}} \cdot k_{\theta v} \cdot k_v \cdot k_{sz} \cdot I_{\text{nd}} = 1 \cdot 1,09 \cdot 1,191 \cdot 1 \cdot I_{\text{nd}} \approx 1,3 \cdot I_{\text{nd}}$$

На пример: надземни вод 35 kV 3x95/15 mm<sup>2</sup> Al/ч може у летњем периоду да се оптерети:

$$I_{\text{dozL}} \approx 1,3 \cdot I_{\text{nd}} = 1,3 \cdot 290 = 377 \text{ A } (\approx 22,8 \text{ MVA}).$$

Резултати прорачуна за вредности типских пресека алучеличних проводника дати су у табели 11.6.

## 12 УРЕЂАЈИ И АЛАТИ ЗА МОНТАЖУ НАДЗЕМНИХ ВОДОВА

12.1 Као **уређаји за монтажу алучеличног проводника** користе се:

- вучни уређаји;
- кочиони уређаји.

Као **алати за монтажу алучеличног проводника** уобичајено се користе:

- вучна чарапа за уже и вучна наставна чарапа за уже;
- динамометар;
- обртна спојница;
- котураче са опремом за прихватање котурача;
- тирфор;
- затезна стезаљка;
- маказе за сечење проводника итд.

12.2 **Вучни уређај** служи да се преко вучног (помоћног) челичног ужета и вучне чарапе врши развлачење алучеличног проводника.

Вучни уређај мора да има:

- сопствени енергетски извор за погон вучног механизма;
- контролу вучне силе, са могућношћу аутоматског престанка вучења при прекорачењу задате највеће вучне силе;
- номиналну вучну силу најмање 10 kN, пожељно: 30 kN.

12.3 **Кочиони уређај** служи за кочење вучења проводника.

Користи се аутономни кочиони уређај или кочиони уређај који се монтира на специјално прикључно возило за транспорт калема са проводником.

12.4 **Вучна чарапа** (сл.12.4) служи за прихватање алучеличног проводника и омогућава преношење вучне силе са вучног уређаја и вучног (помоћног) челичног ужета на алучелични проводник.

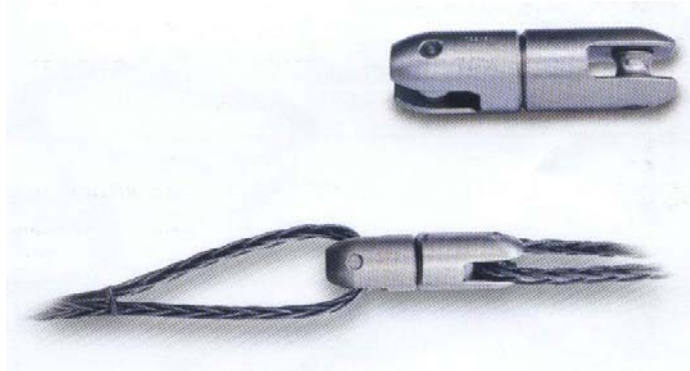
**Наставна вучна чарапа** служи за еластично настављање алучеличних проводника и омогућава развлачење оба ужета.



Сл.12.4 Вучна чарапа

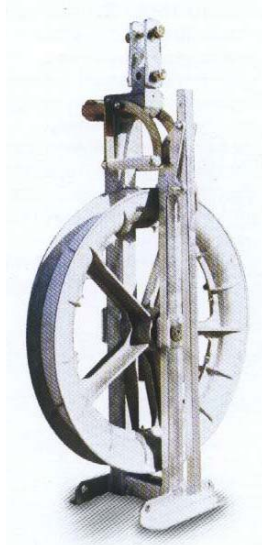


- 12.5 **Обртна спојница** (сл.12.5) служи за спајање вучног (помоћног) челичног ужета и вучне чарапе, а омогућава независно обртање алучеличног проводника и вучног (помоћног) челичног ужета. Уобичајено се користи обртна спојница за силе до 20 kN.



Сл.12.5 Обртна спојница

- 12.6 **Котурача** служи за прихватање вучног (помоћног) челичног ужета и алучеличног проводника, омогућује смањење вучне силе и олакшава развлачење и накнадно затезање проводника без проклизавања и оштећења. Котурача мора да буде лака и погодна за монтажу на упоришта или стуб, а својим положајем треба да омогући лако убацивање алучеличног проводника са стране у жљеб котураче и премештање из жљеба на носећу стезаљку или на врат или главу изолятора. Уобичајено се користе котураче за алучеличне проводнике са димензијом котура  $\varnothing 75$  mm (сл.12.6). Примери извођења котурача за монтажу СКС-а дати су у тачки 8.6 у ТП-8.

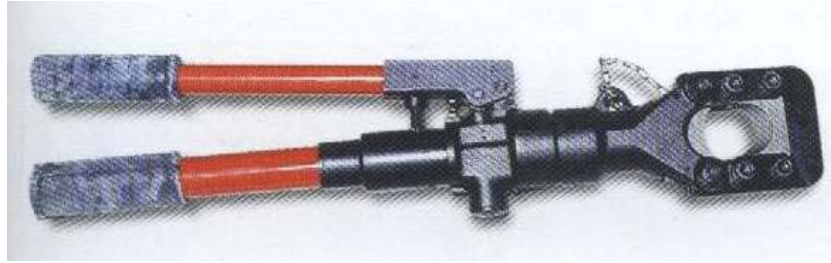


Сл.12.6 Стандардна котурача за алучелик

- 12.7 **Тирфор** служи за дотеривање преднапрезања алучеличног проводника или СКС-а у распону или у затезном пољу. Уобичајено се користи тирфор за силе до 20 kN.
- 12.8 **Аутоматска стезаљка** се користи у комбинацији са тирфором и служи за прихватање проводника и дотеривање предзатезања у распону или у затезном пољу. Уобичајено се користи аутоматска стезаљка за пречник проводника до 14 mm вучном силом од 800 daN.
- 12.9 **Апарат за аутоматско затезање алучеличног проводника** има функцију коју обавља комбинација тирфора и аутоматске стезаљке. Уобичајено се користи апарат за аутоматско затезање проводника пречника до 15 mm вучном силом од 600 daN.
- 12.10 **Хидрауличне пресе** служе за шестоугаоно пресовање спојних елемената као што су: струјне папучице, наставне компресионе спојнице, затезне компресионе стезаљке итд. Имају обртну главу и изменљиве уметке. Служе за пресовање спојних елемената пречника до 30 mm. Користе се **хидрауличне пресе са ручним и ножним погоном**.  
На сл.12.10.а приказан је пример хидрауличне моторне пресе, а на сл.12.10.6 пример хидрауличне ручне пресе.



Сл.12.10.а: Хидрауличне моторна преса



Сл.12.10.6: Хидрауличне ручна преса

### 13 УЗЕМЉЕЊЕ

Уземљење бетонских стубова врши се према ТП-9: "Извођење уземљења и уземљивача стубова надземних водова 1 kV, 10 kV, 20 kV, 35 kV и 110 kV".

### 14 РАД НА НАДЗЕМНОМ ВОДУ И МЕРЕ ЗАШТИТЕ ПРИ РАДУ

14.1 При извођењу радова на надземном воду са бетонским стубовима користе се **поступци и заштитне мере предвиђене прописима и интерним стандардима о заштити на раду за ову врсту објеката**, а посебно:

- "Закон о заштити на раду" (Сл. гласник РС, број 42/98);
- "Технички прописи о мерама при раду на електроенергетским објектима" (ЕПС - ЕД Србије, 1996);
- "Препоруке за избор личних заштитних средстава" (ЕПС - ЕД Србије).

14.2 **Пењање на стуб и извођење радова на стубу могу да изводе радници који су психофизички способни за рад на висини. Пењање на стуб и извођење радова на стубу може да се обавља тек када се утврди да је стуб у погледу стабилности у таквом стању да неће угрозити живот радника, али најмање 48 сати после заливања у темељну чашу опремљеног стабла.**

**За пењање и извођење радова на стубу може да се користи:**

- хидраулична дизалица са корпом;
- стабилне (монтажно уграђене) пењалице (сл.11.5 у ТП-10а);
- преносне вишеделне лестве са сигурним причвршћењем за стуб по целој дужини стуба, а најмање до доње конзоле;
- специјалне челичне пењалице за стуб, са гуменом навлаком на обухватном луку.

14.3 **Није дозвољено** непотребно задржавање и кретање непосредно код стуба на којем се изводе радови.

**Забрањује се** раднику пењање и извођење радова на стубу са стране затезања проводника, а на угаоном стубу са стране резултантне силе (унутрашњи угао).

- 14.4 **За време извођења радова на надземном воду:**
- сви радници који непосредно учествују у раду морају да носе шлем;
  - одећа радника треба да буде прикладна и да га не омета у раду.
- 14.5 Дизање и спуштање материјала и крупног алата врши се помоћу котураче са ужетом или само са ужетом. Ситан материјал и алат монтер носи у посебној алатној торби.
- 14.6 **При пењању на стуб и у току извођења радова на стубу:**
- радник мора да употреби заштитни појас којим обухвата стуб;
  - екипа која изводи радове мора да поседује уже које служи за спуштање евентуално повређеног радника.
- 14.7 Посебни захтеви за **рад са хидрауличном дизалицом са корпом:**
- коришћење дизалице са корпом мора да буде стриктно према упутствима произвођача;
  - код извођења радова на јавним површинама, место рада мора да се обележи и обезбеди према саобраћајним прописима;
  - није дозвољено кретање возила са корпом у радном положају;
  - возач не сме да напусти возило док се радник налази у корпи.
- 14.8 **Радови на надземном воду нису дозвољени:**
- при невремену са атмосферским пражњењима;
  - на температури испод  $-18^{\circ}\text{C}$  и изнад  $+35^{\circ}\text{C}$  у хладу;
  - при јаком ветру (изнад  $60\text{ km/h}$ );
  - при јакој киши, магли и снежним падавинама.
- Одлуку о прекиду радова доноси руководилац радова.

***Литература:***

- 1 *Правилник о техничким нормативима за изградњу надземних водова називног напона 1 kV до 400 kV, Сл. лист СФРЈ број 65/88.*
- 2 *Правилник о техничким нормативима за изградњу нисконапонских надземних водова, Сл. лист СФРЈ број 6/92.*
- 3 *Правилник о техничким нормативима за изградњу средњенапонских надземних водова самонесећим кабловским снопом, Сл. лист СРЈ број 20/92.*
- 4 *"Збирка техничких препорука ЕД Србије" (септембар 2001).*

**САДРЖАЈ**

Р. бр.		Стр.
1	Опсег важења и намена	1
2	Термини и дефиниције	2
3	Општи захтеви	4
4	Погонски и амбијентни услови	5
5	Основни захтеви за изградњу надземног вода	6
6	Елементи за механички прорачун надземног вода	12
7	Оптимизација параметара за механички прорачун и типизација облика главе стуба надземног СН вода	27
8	Основни захтеви за монтажу надземног СН вода	44
9	Приближавање, прелазак и укрштање надземног СН вода са другим објектима	52
10	Паковање, транспорт и складиштење алучеличних проводника	54
11	Дозвољено струјно оптерећење надземног вода	56
12	Уређаји и алати за монтажу надземног вода	60
13	Уземљење	63
14	Рад на надземном воду и мере заштите на раду	63
15	Литература	64